BAND 22, HEFT 2 SEPTEMBER 1954

PHYTOPATHOLOGISCHE ZEITSCHRIFT

Begründet von Prof. Dr. E. Schaffnit

Unter Mitwirkung von

Prof. Dr. E. Baldacci-Mailand, Prof. Dr. H. Braun-Bonn, Prof. Dr. W. B. Brierley-Reading, Prof. Dr. Takewo Hemmi-Kyoto, Oberreg.-Rat Dr. E. Köhler-Braunschweig, Prof. Dr. K. O. Müller-Canberra, Prof. Dr. H. M. Quanjer-Wageningen, Prof. Dr. Tr. Savulescu-Bukarest, Prof. Dr. E. C. Stakman-St. Paul

herausgegeben von

Prof. Dr. Dr. h. c. G. Gassner
Braunschweig

Prof. Dr. E. Gäumann
Zürich

Prof. Dr. M. Klinkowski
Aschersleben

Mit 40 Abbildungen

1954

PAUL PAREY IN BERLIN UND HAMBURG

Phytopath. Z. Bd. 22, Heft 2, *S. 125—332, Berlin 1954*

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL
4 OCT 1954

INHALT

Abhandlungen

GERLACH, W., Untersuchungen über die Welkekrankheit des Alpenveilchens. Mit 25 Abb. 125

STOLL, K., Untersuchungen über die nichtparasitäre Gurkenwelke. Mit 10 Abb. 177

TURIAN, G., "Effet d'épargne" de l'asparagine vis-à-vis de la biotine chez *Coniella diplodiella* 211

BERCKS, R., Untersuchungen über Änderungen des Virusgehaltes in Tabakpflanzen während der Vegetationsperiode. Mit 4 Abb. und 1 Kurve 215

ZÄHNER, H., Die Bestimmung der Fusarinsäure mit Hilfe der Papierchromatographie. Mit 1 Abb. 227

Besprechungen 229

Manuskripte: In deutscher, englischer, französischer oder italienischer Sprache abgefaßte Originalarbeiten werden druckfertig und möglichst in Schreibmaschinenschrift erbeten. Aufnahme von Tabellen und Abbildungen unterliegt jeweils vorheriger Vereinbarung.

„Kurze Mitteilungen" sind solche Veröffentlichungen in den vorerwähnten Sprachen, die im allgemeinen einen Umfang von vier Druckseiten nicht übersteigen. Sie erscheinen möglichst schon im nächsten Heft.

Die „Besprechungen" erscheinen nur in deutscher Sprache.

Schriftleitung: Prof. Dr. Dr. h. c. Gassner, Braunschweig, Humboldtstr. 1, Professor Dr. Gäumann, Zürich 6, Universitätsstr. 2, und Prof. Dr. M. Klinkowski, Aschersleben, Ermslebener Str. 52.

Zusendung der Manuskripte von Originalarbeiten und „Kurzen Mitteilungen" entweder an den Verlag Paul Parey, Berlin SW 68, Lindenstraße 44/47, oder an einen der drei Herausgeber.

Zusendung der „Besprechungen" unmittelbar an Prof. Gassner, Braunschweig. Soweit nicht eine Aufforderung der Herausgeber zur Besprechung bestimmter Arbeiten ergangen ist, empfiehlt es sich, Prof. Gassner vorher von der Absicht der Besprechung zu verständigen.

Honorierung: Das Mitarbeiterhonorar für Originalarbeiten und „Kurze Mitteilungen" beträgt 32,— DM je Druckbogen von 16 Seiten. Bei Beiträgen von mehr als drei Bogen werden nur die drei ersten Bogen honoriert; Dissertationen sind honorarfrei. Honorar für die „Besprechungen" 48,— DM je Druckbogen.

Sonderdrucke: Jeder Mitarbeiter erhält unberechnet 20 Sonderdrucke seines Beitrages (Originalarbeiten und Kurze Mitteilungen). Mehrbedarf gegen Berechnung.

Erscheinungsweise: Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge. Jährlich erscheinen etwa 6 bis 8 Hefte, von denen 4 einen Band bilden. Jeder Band enthält etwa 30 Druckbogen.

Bezugsbedingungen: Der Preis des Bandes richtet sich nach dem Umfang. Er beträgt je Druckbogen von 16 Seiten etwa 3,— DM. Die Hefte sind auch einzeln käuflich. Das Abonnement verpflichtet zum Bezug eines ganzen Bandes. Es verlängert sich jeweils, falls nicht spätestens unverzüglich nach Eingang der letzten Lieferung des berechneten Bandes Abbestellung erfolgt.

Abonnementspreis dieses Heftes 20,40 DM **Einzelpreis 22,50 DM**

Aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem, Institut für Mykologie

Untersuchungen über die Welkekrankheit des Alpenveilchens (Erreger: *Fusarium oxysporum* SCHL. *f. cyclaminis n. f.*)

Von
W. GERLACH

Mit 25 Abbildungen

Inhalt: A. Wirtschaftliche Bedeutung und Verbreitung der Krankheit. — B. Untersuchungen über den Erreger. 1. Herkunft, Isolierung und Kultur der Pilzstämme; 2. Morphologie des Erregers; 3. Physiologie des Erregers. — C. Krankheitsbild und Krankheitsverlauf. 1. Makroskopische Beobachtungen; 2. Mikroskopische Beobachtungen. — D. Untersuchungen über Möglichkeiten der Bekämpfung. 1. Vorversuche: a) Plattenversuche mit Fungiziden, b) Temperatur- und Dämpfversuche; 2. Praktische Bekämpfungsversuche: a) Versuchsjahr 1952, b) Versuchsjahr 1953. — E. Untersuchungen über die Resistenzverhältnisse. — Zusammenfassung. — Literaturverzeichnis.

A. Wirtschaftliche Bedeutung und Verbreitung der Krankheit

Zum ersten Mal hat WOLLENWEBER (1935) über das Auftreten der Cyclamenwelke in Berlin berichtet und den Erreger als *Fusarium oxysporum* SCHL. v. *aurantiacum* (LK. ut sp.) WR. bestimmt. Da die Welkekrankheit damals anscheinend nur in diesem einen Fall, bei dem die Ausfälle etwa 10 % der angezogenen Cyclamen betrugen, bekanntgeworden war, sah WOLLENWEBER ihr Auftreten als Ausnahmeerscheinung an und führte es auf die für eine Infektion besonders günstigen Bedingungen des trockenheißen Sommers 1934 zurück. Es ist daher nicht verwunderlich, daß PAPE (1939) in seinem ausführlichen Handbuch über Krankheiten und Schädlinge der Zierpflanzen die *Fusarium*-Welke der Alpenveilchen nur mit einem kurzen Hinweis erwähnt. Die folgenden Jahre schienen WOLLENWEBERS Auffassung Recht zu geben, bis RICHTER 1946 erneut auf große Ausfälle in dem Cyclamenbestand einer anderen Gärtnerei im Randgebiet von Berlin aufmerksam gemacht wurde und die Untersuchungen über die Cyclamenwelke wieder aufnahm, die seit 1951 auf breiter Grundlage fortgeführt wurden[1]).

[1]) Die vorliegende Arbeit wurde im Institut für Mykologie der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem durchgeführt. Für die vielfachen Anregungen und die stete Hilfsbereitschaft spreche ich meinen hochverehrten Lehrern, Herrn Prof. Dr. H. RICHTER und Herrn Dr. H. MÜLLER, meinen besten Dank aus. Auch Herrn Prof. Dr. E. BÖHNERT und Herrn Prof. R. MAATSCH sei an dieser Stelle für ihre großzügige Hilfe und wertvollen Ratschläge gedankt. Für die Anfertigung der Abbildungen bin ich Herrn E. SCHÄLOW, Biologische Bundesanstalt, zu besonderem Dank verpflichtet.

Jahr für Jahr mehrten sich die Meldungen über neue Verluste. Dabei nahm nicht nur die Zahl der betroffenen Betriebe, sondern auch die Höhe der Ausfälle in diesen ständig zu. Nicht selten gingen in einzelnen Gärtnereien über 50 %, teilweise sogar über 75 % der Cyclamenanzuchten verloren, so daß sich einige Betriebe entschlossen, diese Kultur aufzugeben. Die Tragweite eines solchen Entschlusses aber wird klar, wenn man sich einmal die wirtschaftliche Bedeutung der Cyclamenkultur für den Erwerbsgartenbau vergegenwärtigt. Erhebungen der Abteilung für gärtnerische Betriebslehre der Fakultät für Landbau an der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg in Westberliner Gärtnereien geben darüber Aufschluß. Danach stehen im Durchschnitt der 300 erfaßten Zierpflanzenbaubetriebe die Cyclamen mit jährlich etwa 1 Million angezogener Pflanzen an der Spitze aller Topfkulturen. An dem gesamten Produktionswert dieser Betriebe, der 1952 bei etwa 13,4 Millionen DM lag, haben sie mit rund 1,4 Millionen DM = 10,5 % ebenfalls den relativ größten Anteil (SCHALT, 1953). Eine ähnliche Bedeutung hat nach MÖHRING (1953) die Alpenveilchenkultur in Holland. Im Durchschnitt der Jahre 1948 bis 1951 waren dort die Cyclamen mit etwa 10 % am Gesamtumsatz an Topfpflanzen beteiligt und wurden nur von Azaleen (13,7 %) übertroffen.

Die Cyclamenkultur ist daher für viele Gärtnereien zweifellos die wichtigste Topfkultur und durch keine andere voll zu ersetzen. Damit wird auch die Bedeutung der Cyclamenwelke, die in den betroffenen Betrieben eine wirtschaftliche Kultur der Alpenveilchen nicht mehr gestattete, in ihrem vollen Umfang offenbar. Sie war im Berliner Raum für viele Gärtner zu einer sehr ernsten Sorge, ja vielfach zu einer Lebensfrage geworden.

Um einen möglichst zuverlässigen und umfassenden Überblick über das Auftreten, die Ausbreitung und die Höhe der durch die Welkekrankheit hervorgerufenen Ausfälle zu erhalten, wurden in einer Umfrage 40 Betriebe mit einem jährlichen Cyclamenanbau von etwa 400 000 Pflanzen erfaßt. Nach diesen Erhebungen ist die Welkekrankheit etwa 1930 in zwei nicht weit voneinander entfernten Gärtnereien zum ersten Mal beobachtet worden. (Aus einem dieser Betriebe stammte das Material, das WOLLENWEBER 1934 zur Verfügung stand.)

Über die spätere Ausbreitung der Welke ergibt sich folgendes Bild:

Jahr	Betriebe mit Welke	davon mit Ausfällen über 50 %	davon mit Ausfällen über 75 %	Kultur aufgegeben
1935	2	—	—	—
1940	2	—	—	—
1945	3	—	—	1 (1942—45)
1947	6	—	—	—
1949	15	—	—	—
1950	20	5	2	—
1951	25	7	3	—
1952	25	2	—	2

Bis 1952 war demnach die Cyclamenwelke in 25 der 40 erfaßten Gärtnereien beobachtet worden.

Der Gesamtausfall in diesen 40 Betrieben betrug:

Jahr	Anzucht	Ausfälle	
		Pflanzen	%
1950	400 000	80 000	20%
1951	400 000	100 000	25%
1952	370 000	55 000	15%

Werden die Ausfälle nur auf die betroffenen Betriebe bezogen, so verschiebt sich das Bild wesentlich:

Jahr	befallene Betriebe	Anzucht	Ausfälle	
			Pflanzen	%
1950	20	240 000	80 000	33%
1951	25	280 000	100 000	36%
1952	23	250 000	55 000	22%

(Zwei Betriebe gaben die Kultur auf)

Der Rückgang des Befalles 1952 ist zum Teil nur ein scheinbarer, wenn man bedenkt, daß zwei Gärtnereien, die sich zum Aufgeben der Kultur gezwungen sahen, in den beiden vorangegangenen Jahren einen erheblichen Anteil an den Ausfällen hatten. Andererseits haben sich aber zweifellos schon 1952 die ersten Ergebnisse der Untersuchungen über die Cyclamenwelke in einigen Betrieben durch ein Absinken der Ausfälle bemerkbar gemacht. 1953 trat die erfreuliche Entwicklung noch wesentlich deutlicher in Erscheinung. So waren in diesem Jahre in mehreren stark verseuchten Gärtnereien als Folge der eingeleiteten Bekämpfungsmaßnahmen nur Verluste von etwa 10 bis 20 % zu beklagen.

Wird der Produktionswert eines ausgefallenen Alpenveilchens mit 1,— DM angenommen — das sind etwa 60 % des durchschnittlichen Produktionswertes eines verkaufsfertigen Cyclamen —, so lag der Ausfall allein in den 40 erfaßten Betrieben 1951 bei etwa 100 000 DM. Umgelegt auf den gesamten Westberliner Cyclamenanbau von jährlich ungefähr 1 Million Pflanzen würde das einen Verlust von mindestens 200 000 DM in den schwersten Befallsjahren bedeuten. Hinzu kommt noch, daß sich diese Zahlen nur auf Westberlin beziehen, aber in dem Ostsektor und den zur Sowjetzone gehörenden Randgebieten von Berlin ebenfalls zahlreiche Erwerbsgärtnereien von der Cyclamenwelke heimgesucht werden.

Damit hat die Welkekrankheit der Alpenveilchen zu Ausfällen geführt, wie sie, zumal auf so engem Raum, im Zierpflanzenbau nur selten, in den bisher von schwerwiegenden Krankheiten weitgehend verschonten Cyclamenkulturen nicht einmal annähernd bekanntgeworden sind.

Die Tatsache, daß die Cyclamenwelke zwei Jahrzehnte lang nur in dem Raum von Berlin beobachtet worden war, konnte den Anschein erwecken, als wäre sie tatsächlich auf Berlin und Umgebung beschränkt. Als Erklärung dafür könnte eine wahrscheinlich hier zuerst stattgefundene Ausbildung einer auf *Cyclamen persicum* parasitisch lebenden, sehr aggressiven Form der im Boden weit verbreiteten Vertreter des *Fusarium oxysporum* angeführt werden.

Die starke Isolierung, die der Westberliner Gartenbau vor allem in den Nachkriegsjahren erfahren hat, mag ebenfalls zu der scheinbaren Beschränkung der Welke auf Berlin beigetragen haben. Trotzdem mußte der Verdacht, daß die Welkekrankheit der Alpenveilchen auch in anderen Gebieten Deutschlands auftritt, bestehen bleiben, denn einleuchtende Gründe dafür, warum nur hier die Voraussetzungen für die Entstehung einer auf *Cyclamen persicum* spezialisierten Rasse von *F. oxysporum* gegeben gewesen wären, können nicht genannt werden. Allerdings war bis zum Sommer 1953 bei keiner der zahlreichen Einsendungen welkeverdächtiger Cyclamen aus der Bundesrepublik, der Schweiz und Schweden der Erreger der Cyclamenwelke mit Sicherheit nachzuweisen[1]). Erst im Juli 1953 lag das erste welkekranke Material aus der Bundesrepublik vor, und zwar aus der Pfalz. Die eingesandten Pflanzen zeigten das typische Bild der *Fusarium*-Welke. Aus ihren Knollen konnte eindeutig der Erreger isoliert werden. Zwei weitere Betriebe mit Welkebefall wurden in der Pfalz im Oktober dieses Jahres ermittelt. Auch aus diesen Gärtnereien liegen Stämme des Erregers vor. Die in den letzten Jahren ständig gestiegenen Ausfälle hatten in einem dieser Betriebe etwa 80 % der angezogenen 10 000 bis 12 000 Alpenveilchen erreicht. Anscheinend handelt es sich bei dem Vorkommen in der Pfalz um einen räumlich eng begrenzten Befallsherd. Über seine Entstehung und seine tatsächliche Ausbreitung ergibt sich jedoch noch kein klares Bild.

Durch diesen Tatbestand ist die Vermutung, daß die Welke nicht auf Berlin beschränkt sei, bestätigt worden, und es ist wohl nur eine Frage der Zeit und der intensiven Nachforschung, wann weitere Ausfälle im Gebiet der Bundesrepublik aufgedeckt werden. Die aufklärenden und warnenden Veröffentlichungen über das Wesen dieser gefährlichsten Cyclamenkrankheit von RICHTER (1951) und BÖHNERT (1951) in der gärtnerischen Fachpresse müßten jedem Gärtner klargemacht haben, daß sich eine Unterschätzung der Cyclamenwelke ebenso bitter rächen wird wie eine bewußte Verheimlichung ihres Auftretens.

Von „eindeutigen" Vorkommen der Welkekrankheit in den Schweizer Kantonen Bern und Tessin berichtete BOSCH 1951. Nachforschungen lassen jedoch diese Angabe als sehr unsicher erscheinen. Sowohl die private Mitteilung von BLUMER (1952) als auch die der Firma Dr. R. M a a g A. G. (1952) berechtigen zu dieser Auffassung, da es in keinem Falle gelang, den Welkeerreger nachzuweisen.

Bei einem Hinweis von WESTCOTT (1950) über eine im Staate New Jersey (USA) beobachtete *Fusarium*-Welke an *Cyclamen persicum* ergaben Nachforschungen einen ähnlichen Sachverhalt. WESTCOTT (1953) bezieht sich auf eine Notiz in „Plant Disease Reporter (U. S.)" von WEISS (1948), die wiederum auf eine Mitteilung von HAENSELER (1953) aus dem Jahre 1936 zurückgeht

[1]) Mehrfach wurden von verbräunten Wurzeln der eingeschickten Pflanzen Vertreter der Gattung *Cylindrocarpon* isoliert. Die gleiche Beobachtung hat WOLLENWEBER (1935) beschrieben. Frühere Infektionsversuche verliefen zwar negativ, doch erscheint eine nähere Untersuchung der Beziehungen zwischen *Cylindrocarpon* spec. und den beobachteten Wurzelschäden erforderlich und lohnend.

(Miller, 1953). Nähere Angaben über dieses anscheinend nur in einem einzigen Falle beobachtete Auftreten einer angeblichen *Fusarium*-Welke waren nicht zu bekommen. Es dürfte daher die Auffassung von Baker (1953) zutreffen, daß die an den fraglichen Pflanzen gefundenen *Fusarien* nicht die primäre Ursache für deren Welken und Absterben gewesen seien, sondern daß wahrscheinlich Vertreter von *Pythium, Ramularia* oder anderen Pilzgattungen dafür verantwortlich gemacht werden müßten. Da *Ramularia cyclaminicola* Trel. in den USA und in Kanada mehrfach als Erreger einer Stauche- („*stunt*") und Welkekrankheit („*wilt*") an Alpenveilchen beobachtet worden ist (Baker und Dimock und Davis, 1950; Jacques, 1942; Massey und Tilford, 1932), liegt diese Vermutung nahe, zumal bei dieser Krankheit in den Knollen Symptome auftreten können, die an einen Befall durch Gefäßpilze wie *Fusarium* und *Verticillium* erinnern (Baker und Dimock und Davis, 1950).

Ohne Erfolg sind auch die Bemühungen um nähere Angaben über das 1953 von Beaumont berichtete Auftreten einer Cyclamenwelke in Cheshire (England) im Jahre 1946 geblieben (Beaumont, 1953).

So waren bis heute Vorkommen der *Fusarium*-Welke an *Cyclamen persicum* nur in Deutschland mit Sicherheit nachzuweisen, und zwar im Raum von Berlin und in der Pfalz.

B. Untersuchungen über den Erreger

1. Herkunft, Isolierung und Kultur der Pilzstämme

Im Herbst 1951 lagen im hiesigen Institut bereits drei Stämme des Erregers der Cyclamenwelke vor (1 bis 3), während der 1935 von Wollenweber beschriebene *Fusarium*-Stamm leider nicht mehr zur Verfügung stand. Um die Untersuchungen über das morphologische und physiologische Verhalten des Cyclamenwelkeerregers an einem möglichst umfangreichen Pilzmaterial durchführen zu können, wurde die Zahl der *Fusarium*-Herkünfte durch Neuisolierungen wesentlich vergrößert. Bei allen Stämmen handelt es sich um Einsporkulturen, die aus verschiedenen Pflanzen und — mit Ausnahme von 13, 14 und 15, die aus einem einzigen Betriebe stammen, — aus verschiedenen Gärtnereien isoliert worden waren. Neben den in Tabelle 1 aufgeführten Ausgangs-Stämmen wurden vielfach auch Reisolierungen derselben in bestimmte Untersuchungen einbezogen. Solche *Re*-Stämme, die jährlich einmal über die Wirtspflanze geschickt worden waren, wurden von den Herkünften 1, 2 und 3 bereits seit dem Jahr nach ihrer Isolierung geführt. Waren die Reisolierungen aus den Knollen künstlich infizierter Pflanzen vorgenommen worden, so führen sie neben der ursprünglichen Stammnummer die Zusatzbezeichnung „*re*K", die aus Sporenlagern dagegen „*re*S". Der Stamm 3 war in Reinkultur 1949 nicht einheitlich erschienen, so daß seitdem außer dem Ausgangsstamm 3 noch die beiden aus ihm hervorgegangenen Stämme 3 a und 3 b als Einsporkulturen gehalten wurden.

Tabelle 1

Herkunft der *Fusarium*-Stämme

Stamm	Herkunft	Datum der Isolierung	Pflanze	Pflanzenteil
1	Potsdam-Babelsberg	2. 8. 1946	*C. persicum*	Knolle
2	Berlin-Dahlem	12. 11. 1947	*C. persicum*	Knolle
3	Berlin-Weißensee	5. 10. 1949	*C. persicum*	Knolle
4	Berlin-Dahlem	16. 11. 1951	*C. persicum*	Knolle
5	Berlin-Mariendorf	7. 12. 1951	*C. persicum*	Knolle
6	Berlin-Mariendorf	7. 12. 1951	*C. persicum*	Knolle
7	Berlin-Mariendorf	7. 12. 1951	*C. persicum*	Knolle
8	Berlin-Lichtenrade	19. 12. 1951	*C. persicum*	Knolle
9	Berlin-Zehlendorf	19. 1. 1952	*C. persicum*	Knolle
10	Berlin-Spandau	19. 1. 1952	*C. persicum*	Knolle
11	Berlin-Zehlendorf	19. 1. 1952	*C. persicum*	Knolle
12	Berlin-Dahlem	24. 1. 1952	*C. persicum*	Knolle
13	Pfalz	11. 7. 1953	*C. persicum*	Knolle
14	Pfalz	11. 7. 1953	*C. persicum*	Knolle
15	Pfalz	11. 7. 1953	*C. persicum*	Knolle
16	Pfalz	10. 10. 1953	*C. persicum*	Knolle
17	Pfalz	10. 10. 1953	*C. persicum*	Knolle
18	Berlin-Dahlem	18. 5. 1953	*C. persicum*	Sporenlager
19	Berlin-Dahlem	4. 6. 1953	*C. persicum*	Sporenlager

Zur Isolierung des Welkeerregers wurden anfangs ausschließlich verbräunte Gefäßpartien aus den Knollen kranker Pflanzen auf Petrischalen mit 2 %igem Bierwürzeagar als Nährboden ausgelegt. Sie gelingt in der Regel ohne Schwierigkeiten (Abb. 1), wenn man dafür Pflanzen im beginnenden Welkestadium aussucht, bei denen die Knollen noch fest und die Verbräunungen der Gefäße meist erst einseitig zu beobachten sind (vgl. Abb. 13). Wählt man dabei hell- bis rotbraun verfärbte Gefäße aus dem noch gesunden Knollengewebe aus, so wächst der Pilz wesentlich sauberer und williger heraus als aus den auffallenden nekrotischen Flecken am Boden oder im Herzen der Knollen (vgl. Abb. 12). Isolierungen aus Wurzeln, Blattstielen und -spreiten sind ebenfalls möglich, bringen jedoch meist stärkere Verunreinigungen mit sich. Nachdem die Zugehörigkeit der an Blattstielen und -spreiten welkekranker Pflanzen auftretenden Sporenlager (vgl. Abb. 17, 18) zu dem Welkeerreger durch Infektionsversuche nachgewiesen worden war, wurde auch daraus isoliert.

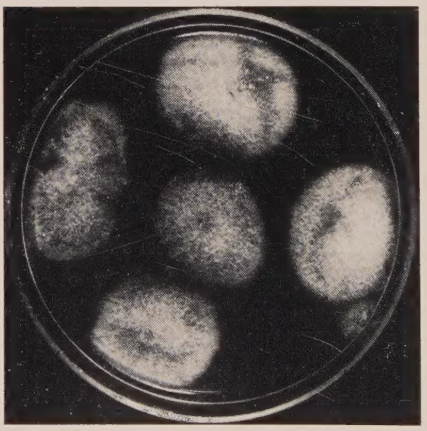


Abb. 1. Kolonien des Welkeerregers, aus verbräunten Gefäßstücken herausgewachsen

Von allen Isolierungen waren, ehe sie in Kultur genommen wurden, auf dem Wege über das Kochsche Plattengußverfahren Einsporkulturen herge-

stellt worden. Jeder Stamm geht daher immer nur auf eine einzige Konidie zurück.

Die Kultur der *Fusarium*-Stämme fand in der Regel in Reagenzröhrchen statt. Um dem Pilz möglichst vielfältige Entwicklungsbedingungen zu geben und die Einflüsse verschiedener Nährsubstrate auf die Ausbildung bestimmter Merkmale beobachten zu können, wurde er auf einer ganzen Reihe steriler Nährböden gehalten. Eine solche Serie bestand in der Regel aus:

1. Bierwürzeagar:
   1000 ccm dest. Wasser
   200 ccm ungehopfte Bierwürze
   24 g Agar-Agar

2. Kartoffelsaftagar:
   1000 ccm Dekokt aus
   500 g Kartoffeln und
   1000 ccm Wasser, im Verhältnis 1 : 1 mit dest. Wasser verdünnt,
   20 g Agar-Agar

3. Möhrensaftagar:
   1000 ccm Dekokt aus
   500 g Möhren und
   1000 ccm Wasser, im Verhältnis 1 : 1 mit dest. Wasser verdünnt,
   20 g Agar-Agar

4. Reisbrei:
   1 g Reis
   3,5 ccm dest. Wasser

5. Gerstenähre

6. Luzernestengel

Später wurde der Kartoffelsaftagar ersetzt durch:

7. Hafermehlagar:
   1000 ccm dest. Wasser
   30 g Hafermehl, kalt mit Wasser angerührt
   20 g Agar-Agar
   5 ccm Glycerin
   0,5 ccm 90 %ige Milchsäure

Für Infektionsversuche wurden die Stämme auch auf einem Gemisch von Torfmull, Strohhäcksel, Sand, Malzextraktzusatz und reichlich Wasser in 500 ccm Weithalskolben kultiviert. Diese Kolben waren bei einer Temperatur von 25 ° C etwa drei Wochen nach der Beimpfung mit einer Sporenaufschwemmung gut durchwachsen.

Die Übertragung der Stämme auf neue Serien fand ausschließlich mit Sporenaufschwemmungen (Massenübertragung) statt, die von möglichst gut fruktifizierenden Kulturen stammten. In der gleichen Weise wurde anfangs auch die erste Serie nach dem Herstellen einer Reinkultur beimpft, während diese später mit Myzelstücken aus der Wachstumszone der Einsporkolonie auf einer Platte angesetzt wurde.

Bis November 1952 waren die Kulturen im Brutschrank bei etwa 25 ° C unter Lichtabschluß gehalten worden. Nach dem Studium der Arbeiten von Harter (1939, 1941) und von Snyder und Hansen (1941) über die Einflüsse des Lichtes auf taxonomisch wichtige Merkmale wurden die *Fusarium*-Stämme nur noch bei Zimmertemperatur und Tageslicht — am Fenster eines nach Norden gelegenen Raumes — ohne direkte Sonneneinwirkung kultiviert.

2. Morphologie des Erregers

Mit seiner *Fusarium*-Monographie hat WOLLENWEBER (1931, 1943) nach etwa 30jährigen Studien ein System zur Bestimmung der Vertreter dieser phytopathologisch so bedeutungsvollen Pilzgattung gegeben. Dieses System mit seinen 16 Sektionen, 65 Arten, 55 Varietäten und 22 Formen beruht auf teilweise sehr eng gefaßten morphologischen Unterschieden der Konidien, Chlamydosporen, Sporenlager, Sklerotien, Myzelien und Färbungen sowie physiologischen Merkmalen wie Pathogenität, Dufteigenschaften usw. Zahlreiche Autoren[1]) haben in den Folgejahren in speziellen Untersuchungen über einzelne *Fusarien* oder -gruppen in Kultur eine außerordentlich starke Variabilität der genannten Merkmale und damit Schwierigkeiten bei der Anwendung dieses Systems feststellen müssen. Nachkommenschaften von Einsporkulturen zeigten oft Merkmale, die über die Grenzen der für ihre Stammkultur ursprünglich festgesetzten systematischen Einheit hinausgingen und ihre Zuordnung zu ganz anderen Varietäten, Arten oder gar Sektionen erforderlich machten. Die große Variabilität taxonomisch wichtiger Merkmale bei verschiedenen Kulturbedingungen mußte aber die in dem genannten System zur Trennung systematischer Einheiten aufgestellten morphologischen Unterschiede unsicher erscheinen lassen, solange nicht einheitliche Kulturverfahren zur Erhaltung der typischen Erscheinungsform eines *Fusarium*-Stammes bekannt und angewendet wurden (vgl. SNYDER und HANSEN, 1939). Entscheidend haben zu dieser Diskussion SNYDER und HANSEN (1940, 1941, 1945) beigetragen, indem sie Vorschläge für eine außerordentlich starke Zusammenlegung von Varietäten, Arten und Sektionen des WOLLENWEBERschen Systems unterbreiteten. So lassen sie z. B. in der Sektion *Elegans* auf Grund morphologischer Gesichtspunkte nur eine einzige Art — *Fusarium oxysporum* — bestehen, die nach der physiologischen Spezialisierung ihrer parasitischen Vertreter auf bestimmte Wirtspflanzen, einem ziemlich zuverlässigen Merkmal, eine weitere Aufgliederung in „Formen" erfährt. Damit würde auch die Varietät *aurantiacum*, der WOLLENWEBER den Cyclamenwelke-Erreger zugeordnet hatte, fortfallen. Die Untersuchungen über die Morphologie dieses Pilzes wurden daher in einem solchen Umfange durchgeführt, daß einmal eine sorgfältige Beschreibung gegeben, darüber hinaus aber ein Einblick in die taxonomischen Verhältnisse bei *F. oxysporum* gewonnen werden konnte. Dabei trat die ganze Problematik der Bestimmung von *Fusarien* zutage.

Im Verlauf der zweijährigen Untersuchungen, in die neben den Ausgangsstämmen zahlreiche Reisolierungen aus Knollen (*re*K) oder Sporenlagern (*re*S) einbezogen wurden, waren zwei grundsätzliche Kulturtypen zu beobachten, in denen jeder Stamm erscheinen konnte. Diese waren in der Ausprägung taxonomisch wichtiger Merkmale so völlig verschieden, daß sie bei einem uneingeweihten Betrachter den Eindruck erwecken mußten, es handele sich um ganz verschiedene *Fusarium*-Arten und nicht um Nachkommenschaften der gleichen Einsporkultur. Auf Grund ähnlicher Beobachtungen wählte MILLER

[1]) HARTER (1939), MILLER (1945, 1946), OSWALD (1949), PADWICK (1940, 1941), SNYDER und HANSEN (1940, 1941, 1945) und andere.

(1946) die Begriffe „Originaltyp" oder „Wildtyp" für den einen und „Normalkultur" für den anderen Typ, während sie Oswald (1949) mit „Typ I" und „Typ II" bezeichnete. Dabei sind die Begriffe „Wildtyp" und „Typ I" wahrscheinlich dem der „Hochkultur" bei Wollenweber gleichzusetzen. Diesem in die *Fusarium*-Literatur eingegangenen Begriff wird in der vorliegenden Arbeit der Begriff der „Nicht-Hochkultur" gegenübergestellt. Im Zustand der „Hochkultur" zeigten sich die Stämme des Cyclamenwelke-Erregers dann, wenn sie — zum erstenmal isoliert oder aus Sporenlagern auf Cyclamen reisoliert — in Kultur genommen wurden. Der bei allen Stämmen beobachtete Übergang zur „Nicht-Hochkultur" mit anderen Merkmalen begann manchmal schon in der zweiten Kulturgeneration. Eine entgegengesetzte Entwicklung trat in Kultur niemals auf. „Nicht-Hochkulturen" wurden jedoch stets wieder zu „Hochkulturen", wenn sie über die Wirtspflanze geschickt und aus darauf gebildeten Sporenlagern reisoliert worden waren. Reisolierungen aus den Knollen zeigten dagegen wieder die Merkmale von „Nicht-Hochkulturen" wie vorher.

Für diese beiden Erscheinungsformen eines jeden Stammes in Kultur lassen sich ganz charakteristische Merkmale nennen. Im Zustand der „Hochkultur" waren in keinem Merkmal zwischen den verschiedenen Stämmen Unterschiede zu beobachten. Auch Einsporkulturen der gleichen Naturisolierung verhielten sich völlig einheitlich. Zu diesem Vergleich waren von vier Stämmen bei Reisolierungen aus einem Sporodochium je acht Einsporkulturen angesetzt worden. Lagen sie dagegen nicht als „Hochkultur" vor, dann waren gelegentlich mehr oder minder konstante Unterschiede zwischen verschiedenen Stämmen, aber auch in Nachkommenschaften (z. B. *Re*-Stämmen) einer einzigen Einsporkultur vorhanden. Diese dürften aber als untypische Kulturvarianten taxonomisch ohne Bedeutung sein.

Die im folgenden dargestellten Beobachtungen wurden ausschließlich an bei Tageslicht und Zimmertemperatur gehaltenen Kulturen vorgenommen.

Myzelbildung

In „Hochkulturen" war auf allen Nährböden einer Serie — Ausnahme bildeten gelegentlich Luzernestengel — ein kräftiges, weißes, oft watteartiges, bis 5 mm hohes Luftmyzel zu beobachten, das oft die gesamte Schrägfläche der Kulturröhrchen bedeckte. Die üppige Luftmyzelbildung fehlte dagegen bei „Nicht-Hochkulturen" völlig. Hier trat ein dem Nährboden und der Glaswand eng anliegendes, strähniges Myzel an seine Stelle. Die Neigung zur Bildung eines spärlichen Luftmyzels war bei den Stämmen 2, 3 b *re*K, 6 und 9 stärker als bei den anderen.

Sporenlager

Sporenlager entstanden in „Hochkulturen" nur in Gestalt von lachsfarbigen, bis 3 mm großen, oft blumenkohlartig zusammengeballten Sporodochien. Ihre Entstehung kündigte sich durch hervorbrechendes Stroma an, aus dem ein kleiner, wäßriger Tropfen hervortrat. Sie setzte auf Gersten-

Abb. 2. Hochkulturen auf Gerstenähre und Luzernestengeln mit zahlreichen Sporodochien (Pfeile)

ähren und Luzernestengeln sehr willig und früh ein (Abb. 2). Später traten Sporodochien auch auf Würze-, Möhrensaft- und Hafermehlagar sehr zahlreich auf, während sie auf Kartoffelsaftagar in der Regel ausblieben. In „Nicht-Hochkulturen" fehlten typische Sporodochien immer. Hier wurden flächige, lachsfarbige Pionnotes-Schleime beobachtet, die auf den synthetischen Nährböden meist auf den Impfstrich beschränkt blieben. Nur auf Hafermehlagar war gelegentlich die ganze Schrägfläche damit bedeckt. Die Ausbildung der Pionnotes war bei den Stämmen nicht einheitlich. Auffallend gering war sie bei den oben bereits erwähnten (2, 3 b *re*K, 6 und 9).

Konidien

Auch an den Sporen selbst waren charakteristische Unterschiede hinsichtlich ihrer Form, Größe und Septierung zu beobachten. Die Sporodochien der „Hochkulturen" enthielten fast ausnahmslos Makrokonidien, die deutlich septiert, in der Gestalt sehr einheitlich und für *F. oxysporum* typisch waren (Abb. 3)[1]).

Der Anteil 4- und 5-septierter Sporen war ziemlich hoch. Mikrokonidien fehlten in den Aufschwemmungen aus Sporodochien fast völlig, waren dagegen im Luftmyzel häufig.

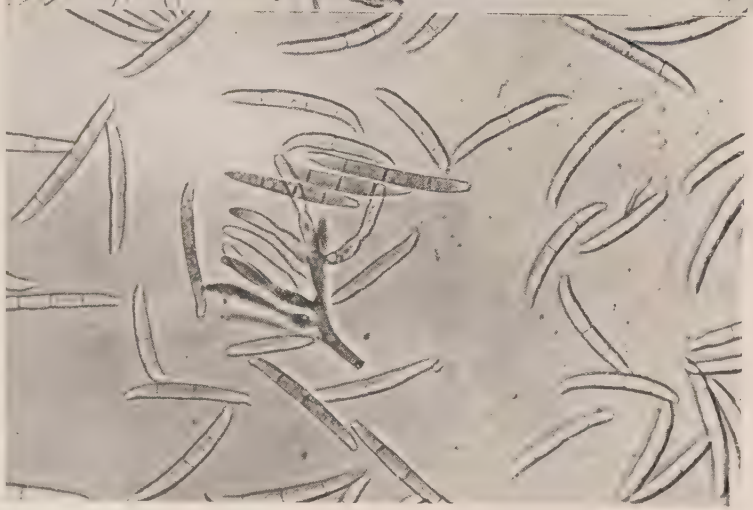
Lagen die Stämme nicht als „Hochkulturen" vor, dann waren niemals so einheitliche und schön entwickelte Makrokonidien zu finden. Sporenaufschwemmungen aus der Pionnotes von Würze-, Möhrensaft- oder Kartoffelsaftagar enthielten überwiegend untypische Mikrokonidien, die manchmal kaum noch an *Fusarium*-Sporen erinnerten (vgl. Abb. 6, B und C). Bei den Makrokonidien, die häufig schon sehr früh zur Clamydosporenbildung übergingen, zeigten alle Stämme eine Neigung zu langen, schlanken Formen, wie sie etwa für *F. angustum* SHERB. typisch sind. Sehr stark trat diese Tendenz auf Hafermehlagar in Erscheinung (Abb. 4)[1]).

Ähnliche Beobachtungen beschrieb RICHTER (1941) für Lupinenwelke-*Fusarien* aus dem Formenkreis des *F. oxysporum*. Sie konnten im Verlauf der vorliegenden Arbeit auch an einem aus einer Gladiole isolierten *Oxysporum*-Typ gemacht werden, und es ist wohl zu erwarten, daß sich auch andere *Oxysporum*-Formen gleichsinnig verhalten. Der ziemlich hohe Anteil an Mikrokonidien in einer solchen Aufschwemmung von Hafermehlagar deu-

[1]) Die in den Abb. 3, 4, 5 und 6 dargestellten Sporen gehören einem einzigen Stamm (10) an.

3

4



5

Abb. 3. Typische Makrokonidien aus einem Sporodochium einer Hochkultur (500 : 1)

Abb. 4. Untypische Makrokonidien aus einer Pionnotes auf Hafermehlagar (500 : 1)

Abb. 5. Sporenträger und typische Makrokonidien aus einem Sporodochium auf Cyclamen (500 : 1)

tet jedoch darauf hin, daß es sich nicht um typische Konidien aus einer „Hochkultur" handeln kann.

Zum Vergleich mit den Sporen aus den beiden Kulturtypen wurden Konidien aus Sporodochien auf Cyclamen herangezogen (Abb. 5)[1]). Sie waren denen aus Sporodochien einer „Hochkultur" ähnlich, jedoch in der Regel schlanker und mit geringerem Anteil an 4- und nur vereinzelten 5-septierten Sporen. Neben einzelnen typischen Mikrokonidien kamen verhältnismäßig viele 0-, 1- und 2-septierte Sporen vor, die in Form und Größe Makrokonidien entsprachen. Die durchschnittliche Länge der 0- bis 2-Septaten aus Natursporodochien ist daher größer als bei den gleichen Septaten aus Sporodochien einer „Hochkultur" (vgl. Tabelle 2). Diese Beobachtungen deuten darauf hin, daß auf der Wirtspflanze die Sporenlager und die in ihnen gebildeten Sporen nicht immer eine so gleichmäßige und ideale Entwicklung erfahren, wie es in einer „Hochkultur" der Fall ist. Der Vorschlag von PADWICK (1941), ein *Fusarium*-System allein nach dem Vorkommen und der Erscheinungsform in der Natur aufzubauen, erscheint daher nicht angebracht. Außerdem verkleinerte sich der Kreis der für eine morphologische Differenzierung zur Verfügung stehenden Merkmale bei einem Verzicht auf die Beobachtung der Stämme in Kultur wesentlich. Damit würden aber die Schwierigkeiten in der Unterscheidung systematischer Einheiten auf Grund morphologischer Verhältnisse nur erhöht.

Zahlenmäßig belegt wurden die geschilderten Unterschiede in den Sporengrößen und Septierungsverhältnissen durch Messungen an etwa 9000 gezeichneten Sporen aller Stämme. Im gleichen Entwicklungszustand („Naturtyp", „Hochkultur" oder „Nicht-Hochkultur") waren die Schwankungen der gefundenen Werte zwischen den Stämmen nicht größer als die zwischen verschiedenen Aufschwemmungen eines einzigen Stammes. Es bestand daher die Berechtigung, für jeden der drei Typen die Messungen aller Stämme zusammenzufassen und als einen Wert anzusehen. Die Ergebnisse werden in Tabelle 2 wiedergegeben.

Die unterschiedlichen Sporenmengen in Spalte 3 kamen einmal dadurch zustande, daß einzelne Septaten in bestimmten Kulturtypen fast völlig fehlten (vgl. Septierungsverhältnisse). Andererseits waren für eine zuverlässige Beurteilung bestimmter Unterschiede zwischen den Kulturtypen ganz verschiedene Sporenmengen erforderlich. So war z. B. die wesentlich größere Länge der Makrokonidien von „Nicht-Hochkulturen" auf Hafermehlagar schon mit einer geringen Sporenzahl klar zu belegen, die unterschiedliche Dicke der 3-Septaten von Natursporodochien und solchen aus „Hochkulturen" dagegen erst durch ein zahlenmäßig sehr umfangreiches Material. Zur Beurteilung der Septierungsverhältnisse in einer Aufschwemmung wurden 400 Sporen ausgezählt. Die Anzahl der für einen Typ ausgezählten Sporenproben ist in der Spalte 6 angegeben.

---

[1]) Die in den Abb. 3, 4, 5 und 6 dargestellten Sporen gehören einem einzigen Stamm (10) an.

Tabelle 2

Sporengrößen — Septierungsverhältnisse

Herkunft der Sporen	Septenzahl	Zahl der gemess. Sporen	Konidiengröße in Mikron: Durchschnitt	Konidiengröße in Mikron: Absolute Schwankung	Zahl der ausgezählten Aufschwemmungen zu je 400 Sporen	Verteilungsquote der Septen: Durchschnitt %	Verteilungsquote der Septen: Absolute Schwankung %
Pionnotes Hafermehl	0	160	8,7 × 2,5	4–18 × 1,6–3,8	12	39	13–56,5
Luftmyzel		150	7,7 × 2,6	5–13 × 1,8–3,7	—	—	—
Sporenlager Cyclamen		200	12,8 × 2,7	4–34 × 1,5–4,8	28	3	0–18
Sporod. Hochkultur		100	7,1 × 2,3	5–13 × 1,5–3,5	22	0,5	0–3,5
Pionnotes Hafermehl	1	100	20 × 3	12–40 × 2–3,9	12	8	3,5–16
Luftmyzel		50	17 × 3,3	9–28 × 2,5–4	—	—	—
Sporenlager Cyclamen		500	22 × 3,4	10–46 × 2–5	28	9	0,5–44
Sporod. Hochkultur		50	19 × 3,1	11–28 × 2,2–4,4	22	0,25	0–2,5
Pionnotes Hafermehl	2	20	30 × 3,3	16–40 × 3–3,9	12	1,5	0–5
Luftmyzel		20	20 × 3,3	14–30 × 2,9–3,9	—	—	—
Sporenlager Cyclamen		110	24 × 3,5	14–37 × 2,7–4,5	28	3	0,5–13
Sporod. Hochkultur		15	19 × 3,7	16–23 × 2,7–4,6	22	0	0–0,25
Pionnotes Hafermehl	3	250	43 × 3,8	23–68 × 2,8–4,8	12	20,5	9,5–41
Sporenlager Cyclamen		2550	33 × 3,9	17–48 × 2,3–5	28	81	30–98
Sporod. Hochkultur		2000	33 × 4,3	17–50 × 2,7–5,3	22	81,25	63–93,5
Pionnotes Hafermehl	4	200	57 × 4	39–89 × 3,1–4,9	12	16,5	6–34,5
Sporenlager Cyclamen		550	40 × 4,2	28–51 × 3,3–5,7	28	3,5	0–19
Sporod. Hochkultur		1100	39 × 4,3	24–54 × 3–5,2	22	15,5	3–32
Pionnotes Hafermehl	5	200	65 × 4,1	42–90 × 3,2–4,9	12	14	2,5–32
Sporenlager Cyclamen		110	41 × 4,4	33–49 × 3,8–6	28	0,5	0–4
Sporod. Hochkultur		450	40 × 4,3	26–57 × 3–5	22	2,5	0,5–5
Pionnotes Hafermehl	6	12	73 × 4,3	54–83 × 3,4–4,7	12	0,5	0–2,5
Sporenlager Cyclamen		20	48 × 4,6	39–63 × 4–5,5	28	0	0–0,5
Sporod. Hochkultur		2	38 × 4,5	36–40 × 4,4–4,6	22	0	0
Pionnotes Hafermehl	7	1	76 × 4,3		12	0	0–0,75
Sporenlager Cyclamen		5	47 × 4,5	44–51 × 4,2–4,7	28	0	0
Sporod. Hochkultur		2	40 × 4,5	39–41 × 4,3–4,7	22	0	0
Luftmyzel	Chlamydosporen einzellig	50	8,6 × 8	7–10 × 6,3–9,5			
Luftmyzel	Chlamydosporen zweizellig	50	14,6 × 8	12–21 × 6–12			
Konidien	Chlamydosporen	50	6,6 × 5,6	5–10 × 5–8			

Chlamydosporen

Konidiochlamydosporen fehlten in typischen „Hochkulturen“ in der Regel völlig. Sie traten dort erst bei einer Überalterung der Konidienlager auf. Dagegen waren sie in „Nicht-Hochkulturen“ sehr häufig und oft schon wenige Tage nach der Beimpfung zu beobachten. Auf Möhrensaftagar war

die Neigung zur Bildung von Konidiochlamydosporen besonders ausgeprägt, in der Pionnotes auf Hafermehlagar dagegen kaum.

Im Myzel wurden Chlamydosporen sowohl terminal als auch interkalar, ein- und zweizellig, kugelig bis oval in beiden Kulturphasen gebildet. Sie waren deutlich größer als die in Konidien entstandenen.

Einen Überblick über die Vielfalt der von einem Stamm (10) in den verschiedenen Kulturphasen gebildeten Sporentypen gibt die Abb. 6.

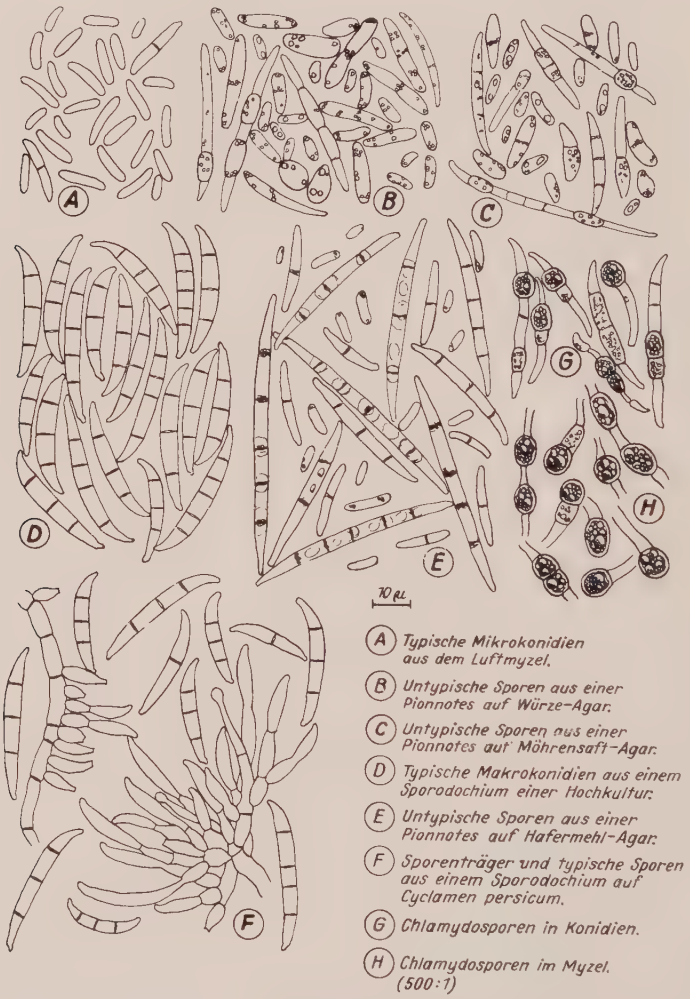


Abb. 6. Sporentypen von *F. oxysporum* SCHL. f. *cyclaminis* n. f. (Stamm 10). (Dazu Erklärung A—H, siehe Zeichnung)

Sklerotien

Spangrüne bis blauschwarze, bis 10 mm große, oft blumenkohlartige sklerotiale Plectenchyme traten in „Hochkulturen" bei allen Stämmen und

auf allen Nährböden auf, besonders zahlreich und ausgedehnt auf Möhrensaftagar. Mit dem Übergang zu „Nicht-Hochkulturen" waren sie anfangs nur noch vereinzelt, später überhaupt nicht mehr zu beobachten. Zweifellos ist auch die Entstehung sklerotialer Elemente bei den Stämmen des Cyclamenwelkeerregers von einem bestimmten Kulturzustand abhängig und ihr Fehlen als untypische Kulturvariante zu werten.

Färbungen

Substratfärbungen wurden bei beiden Kulturtypen auf Würze-, Möhrensaft- und Hafermehlagar sowie auf Reisbrei festgestellt. Kartoffelsaftagar wies niemals Eigenfärbung auf. In „Hochkulturen" traten bei allen Stämmen auf Würze- und Möhrensaftagar tief braunviolette, auf Hafermehlagar blaß grauviolette und auf Reisbrei lachsrosa bis ockerfarbige Töne auf. Die Färbung war so einheitlich, daß sie eine Unterscheidung der Stämme im Zustand der „Hochkultur" ebensowenig zuließ wie die bereits beschriebenen taxonomischen Merkmale.

Lagen die Stämme nicht als „Hochkulturen" vor, so variierten die Farbtöne stärker. Manche Stämme zeigten die hier blauviolette Färbung von Würzeagar niemals. Bei anderen verlor sie sich nach mehreren Nährbodenpassagen. Erhalten hat sie sich bei den Stämmen 2, 3 b *re*K, 6 und 9 (bei 3 b *re*K auch nach einer Passage über die Wirtspflanze und Reisolierung aus der Knolle). Auf die Ausnahmestellung dieser Stämme wurde bereits bei der Myzel- und Pionnotesbildung hingewiesen. Mit der Färbung auf Würzeagar ging eine schwächere auf Hafermehlagar Hand in Hand. Es hat den Anschein, als wären diese Stämme in einem Übergangsstadium zwischen den beiden Kulturphasen fixiert worden. Die starke Abhängigkeit der Färbung auf Würzeagar von der Wasserstoffionenkonzentration im Nährboden zeigte sich in einem pH-Versuch deutlich. Im alkalischen Bereich blieb der Würzeagar ungefärbt, während im sauren Bereich von pH 6 bis pH 2 eine gleitende Farbskala von Blaßrosa bis tief Purpurviolett zu beobachten war. Die Farbtöne auf Reisbrei waren oft in einer Kultur sehr uneinheitlich. Sie lagen kurz nach der Beimpfung zwischen Orange und Graubraun, gingen aber mit zunehmendem Alter einer Serie zu violetten bis blauschwarzen Farbtönen über.

Nach diesen Beobachtungen dürften spezifische Färbungen für taxonomische Zwecke nur im Zustand der „Hochkultur" — und auch dann nur als Hilfsmerkmal — eine gewisse Bedeutung haben.

Geruch

Bei keinem der Stämme wurde im Verlauf der Untersuchungen das Vorhandensein irgendwelcher aromatischer Duftstoffe festgestellt.

Werden die geschilderten morphologischen Verhältnisse mit den von Wollenweber und Reinking (1935) für die Varietät *aurantiacum* beschriebenen taxonomischen Merkmalen verglichen, so ergibt sich nur dann eine

gewisse Übereinstimmung, wenn man zu einem solchen Vergleich die typischen Merkmale der „Hochkulturen" heranzieht. (Die Beurteilung der *Fusarien* im Zustand der „Hochkultur" ist eine Forderung, die WOLLENWEBER immer wieder erhoben hat.) So könnten die Entstehung der Sporen in typischen Sporodochien, die Dicke von 4,3 μ für 3- bis 5-septierte Makrokonidien, das Vorkommen spangrüner bis schwarzblauer, ausgedehnter sklerotialer Elemente und das Fehlen aromatischer Duftstoffe eine Einordnung der Stämme des Cyclamenwelkeerregers in die Varietät *aurantiacum* rechtfertigen. Unterschiede bestehen dagegen in den Längen der 3-Septaten (33 μ zu 35 μ) und 5-Septaten (40 μ zu 45 μ), sowie in den auf Reisbrei beobachteten Farbtönen. Die von WOLLENWEBER und REINKING beschriebene kräftige purpurrot-violette, manchmal fast kastanienbraune Färbung des Stromas auf Reisbrei war in „Hochkulturen" niemals zu beobachten. Werden jedoch für eine Bestimmung die in der Natur gefundenen Sporengrößen und Septierungsverhältnisse mit herangezogen, dann stimmen die Cyclamenstämme sehr schön mit der Grundart *F. oxysporum* SCHL. überein (vgl. Tabelle 2). Darüber hinaus waren auch in „Hochkulturen" die Schwankungen in diesen Merkmalen — selbst zwischen Aufschwemmungen aus verschiedenen Sporodochien der gleichen Kultur — recht beträchtlich. So ließen die Septierungsquoten bei 400 ausgezählten Sporen in einem Falle eine Zuordnung zur Grundart, in einem anderen Falle zur Varietät *aurantiacum* als gegeben erscheinen. Eine kritische Einstellung gegenüber den von WOLLENWEBER und REINKING zur Unterscheidung von Arten und Varietäten angegebenen, oft geringfügigen Unterschieden in den Sporenmaßen und Septierungsverhältnissen erscheint um so berechtigter, als sich keine Hinweise finden, auf welchen Sporenmengen die genannten Werte beruhen. Eine Beurteilung der statistischen Zuverlässigkeit dieser Werte ist daher nicht möglich. Nach HARTER (1941) wichen von verschiedenen Forschern vorgenommene Konidienmessungen des gleichen mikroskopischen Präparates (Sporenaufschwemmungen von *Fus. Martii* var. *pisi* und *F. bulbigenum* var. *batatas*) beträchtlich voneinander ab, wenn Gruppen von je 50 Sporen berechnet wurden. Um einen zuverlässigen Durchschnittswert für eine Sporenaufschwemmung zu bekommen, hält HARTER Messungen an 150 bis 200 Sporen für erforderlich. Die Zuverlässigkeit der Unterscheidungsmerkmale sinkt weiter, wenn man an ihre Abhängigkeit von Außenfaktoren denkt. In Untersuchungen über den Einfluß des Lichtes — nur eines dieser Faktoren — haben HARTER (1939, 1941) und SNYDER und HANSEN (1941) signifikante Unterschiede in den Sporengrößen und den Septierungsquoten zwischen Hell- und Dunkelkulturen eines Stammes beobachtet. Diese waren so beträchtlich, daß sie vielfach die aufgestellten Varietäten- und Artengrenzen überschritten.

In Anbetracht der geschilderten Vielfalt in der Ausprägung der taxonomisch wichtigen Merkmale bei den Stämmen des Cyclamenwelkeerregers und der starken Abhängigkeit dieser Merkmale von Außenfaktoren erscheint eine Skepsis gegenüber der von WOLLENWEBER und REINKING getroffenen Unterscheidung von Varietäten und Arten in der Subsektion *Oxysporum* der

Sektion *Elegans* auf Grund morphologischer Gesichtspunkte angebracht. Aus diesen Gründen ist es nicht zu vertreten, das Cyclamenwelke-*Fusarium* der Varietät *aurantiacum* zuzuordnen, vorausgesetzt, daß diese Varietät überhaupt aufrechterhalten werden kann. Die Untersuchungen führten vielmehr zu dem Ergebnis, daß der Cyclamenwelkeerreger mit Sicherheit nur als eine „forma specialis" der Grundart *Fusarium oxysporum* Schl. angesprochen werden kann. Seine taxonomische Bezeichnung müßte daher lauten:

Fusarium oxysporum Schl. f. *cyclaminis* n. f.

Dieser Tatbestand verstärkt den Verdacht, daß die Subsektion *Oxysporum* im Sinne Wollenwebers und Reinkings in Wirklichkeit nur eine einzige Art — *F. oxysporum* Schl. — mit einer gewissen Variationsbreite darstellt, deren parasitäre Vertreter mit Zuverlässigkeit nicht auf Grund morphologischer Merkmale, sondern nur durch ihre biologische Spezialisierung als „formae speciales" unterschieden werden können.

Die an den Stämmen des Cyclamenwelkeerregers beobachtete und bei anderen *Elegans-Fusarien* wahrscheinlich ähnliche Variationsbreite kann je nach Ermessen der einzelnen Forscher eine ganz verschiedene Beurteilung erfahren. Sie ist sehr groß, wenn man den Formenreichtum insgesamt betrachtet, dagegen relativ gering (vgl. Sherbakoff, 1947), wenn man nur die typischen Merkmale einer „Hochkultur" sieht. Die jeweilige Einstellung bestimmt aber die grundsätzliche Beurteilung der taxonomischen Verhältnisse in der Sektion *Elegans*, wie sie in dem System von Wollenweber verankert sind. Die Beurteilung der gesamten Variationsbreite in allen möglichen Kulturphasen mag für Snyder und Hansen Veranlassung gewesen sein, für die gesamte Sektion — nicht nur für die Subsektion *Oxysporum* — lediglich eine einzige gültige Art, nämlich *F. oxysporum* Schl., anzuerkennen. Inwieweit diese Anschauung zutrifft, läßt sich natürlich auf Grund der vorliegenden Untersuchungen an einem nach dem Gesichtspunkt der biologischen Spezialisierung sehr eng gefaßten Pilzmaterial nicht beurteilen. Allerdings haben die morphologischen Verhältnisse des Cyclamenwelkeerrregers in „Nicht-Hochkulturen" gezeigt, wie leicht man in Versuchung kommen kann, die untypischen Kulturvarianten für eine Bestimmung heranzuziehen. Wären die typischen Merkmale der „Hochkulturen" nicht unmittelbar nach der Isolierung festgehalten worden und später bei Reisolierungen aus Sporodochien wieder aufgetreten, dann hätten die Stämme zwei Jahre lang in einem Zustand vorgelegen, der ihre Einordnung in die Subsektion *Orthocera* (nicht sporodochienbildende *Elegans-Fusarien*) erforderlich gemacht hätte. Es erscheint daher durchaus denkbar, daß der gleiche Pilz in seinen beiden Kulturphasen an ganz verschiedenen Stellen der Sektion *Elegans* eingeordnet wurde. Nachgewiesen haben einen solchen Fall Snyder und Hansen (1940) am Beispiel des Welkeeregers der Sommeraster, der in seiner typischen Phase (sporodochienbildend) als *F. oxysporum* Schl. *f. 6* Wr. in der Subsektion *Oxysporum*, als Kulturvariante (pionnotesbildend) dagegen als *F. conglutinans* Wr. var. *callistephi* Beach in der Subsektion *Orthocera* eingeordnet

worden ist. Auch MILLER (1946) nimmt an, daß die Artbeschreibung vieler *Fusarien*, die seiner Meinung nach zu einem beträchtlichen Teil auf nicht typischen Kulturen beruhen, in Wirklichkeit nur die von Kulturvarianten seien. Trotzdem scheinen SNYDER und HANSEN mit der Zusammenfassung der Sektion *Elegans* zu einer einzigen Art einen Schritt zu weit gegangen zu sein. Beobachtungen an *F. redolens* WR. zeigten nämlich, daß auch im Zustand der „Hochkultur" diese Art morphologisch durch die typische Form der Scheitelzelle und die Dicke der Makrokonidien klar von *Oxysporum*-Typen zu unterscheiden ist.

Über die Ursachen der Variabilität in Kultur bei *Fusarien* und *Fungi imperfecti* im allgemeinen gehen die Meinungen in der Literatur stark auseinander. HANSEN und SMITH (1932) schreiben die Unstabilität vieler Merkmale nicht Mutationen, sondern der nuklearen Heterogenität (Heterokaryose) zu. MILLER (1946) wiederum sieht in erster Linie Mutationen als Ursachen für die Merkmalsumwandlung an. Zur Diskussion über diese Frage können die an den Cyclamenwelke-*Fusarien* gemachten Beobachtungen natürlich keine Berechtigung geben. Doch scheint die Tatsache, daß in „Nicht-Hochkulturen" lange Zeit fixierte Kulturmerkmale sich nach Reisolierungen aus Sporodochien wieder in der für „Hochkulturen" typischen Ausprägung zeigten, darauf hinzudeuten, daß es sich um keine echten Mutationen im Sinne der Genetik handeln kann. Sie sind wohl vielmehr als Kulturvarianten zu werten, die einen bestimmten, durch viele Faktoren beeinflußbaren Entwicklungszustand eines Pilzes widerspiegeln. Der Bestimmung von *Fusarien* aber wäre zweifellos ein Teil ihrer Problematik genommen, wenn es gelänge, die Isolierungen durch geeignete Kulturmethoden lange Zeit im Zustand der „Hochkultur" zu erhalten. Vielleicht weisen hier die Beobachtungen von MILLER (1946) einen Weg, der bei einer Kultur in Röhrchen mit sterilisierter Erde eine Erhaltung des „Wildtypes" über lange Zeit feststellen konnte. So hat z. B. das Melonen-*Fusarium* (*F. bulbigenum* var. *niveum*) in Kultur auf trockener Erde drei Jahre lang den Typ der ursprünglichen Isolierung ohne Virulenzverlust beibehalten. Solange sich aber solche Kulturmethoden nicht einheitlich bewährt und durchgesetzt haben, sind wir auf die bisher üblichen Kulturverfahren angewiesen. Es wird deshalb auch in Zukunft mit taxonomischen Schwierigkeiten, hervorgerufen durch unterschiedliche Kulturbedingungen, zu rechnen sein. Trotzdem werden zuverlässige Rückschlüsse auf die systematische Stellung eines *Fusarium*-Stammes möglich sein, wenn für seine Bestimmung folgende Gesichtspunkte beachtet worden sind:

Kultur — nur bei Tageslicht ohne direkte Sonneneinwirkung,
auf einer Vielfalt von Nährböden, um dem Pilz optimale Entwicklungsbedingungen zu geben und die taxonomisch wichtigen Merkmale unter den verschiedensten Verhältnissen beobachten zu können.

Bestimmung — an einem möglichst umfangreichen Material, um zuverlässige Werte zu erhalten, möglichst durch Spezialisten,
nur im Zustand der „Hochkultur" unmittelbar nach der Isolierung.

Kulturen auf natürlichen Nährsubstraten wie Ähren und Stengel sind zur Bestimmung besonders geeignet. Die Merkmale in der Natur und die von Kulturvarianten sind zur Beurteilung der gesamten Variationsbreite und zum Erkennen der typischen Merkmale heranzuziehen.

Der kurze Ausblick auf die taxonomischen Verhältnisse in der Sektion *Elegans* und auf die grundsätzlichen Probleme bei der Bestimmung von *Fusarien,* wie ihn die Beobachtungen an den Stämmen des Cyclamenwelkeerregers gestatteten, sei zusammengefaßt und abgeschlossen mit den Worten Gäumanns (1951):

„Bei der Formgattung *Fusarium* (Erreger von Welkekrankheiten, Trockenfäulen usw.) und bei einigen anderen kritischen Gattungen ist einerseits die Zahl der Vertreter und anderseits die morphologische und biologische Zerstäubung derart groß, daß die einzelnen Isolierungen überhaupt nicht mehr im Sinne der klassischen Systematik in diskrete systematische Einheiten eingeordnet, sondern nur noch durch erfahrene Spezialisten um gewisse Mittelpunkte gruppiert werden können: ‚Formen vom Typus des *Fusarium* . . .'

Ähnlich wie die Physik durch die Betrachtung kleinster Objekte zur Unbestimmtheitsrelation und zur Auflösung des klassischen Kausalitätsbegriffes gelangte, so wurden die Mikrobiologen durch die Verengung ihres Blickfeldes auf die einzelnen parasitischen Individuen (Klone) zur Einführung eines neuen Artbegriffes gezwungen. Sie verzichteten auf die klassische Forderung, wonach die Arten durch ihre Definition als distinkte Einheiten umgrenzt sein sollen: in die eine Schublade diese, in die andere Schublade jene Art, denn sämtliche Merkmale, Größe und Form der Sporen, Wuchsform, Farbe der Kulturen, Pathogenität usw. zerfließen nach allen Richtungen. Bei dem neuen, ad hoc für die kritischen Erregergruppen geschaffenen Artbegriff sind nicht mehr die Artgrenzen das Wesentliche (denn sie existieren nicht), sondern die Artmittelpunkte samt ihrem Streuungsbereich (Typisierung der Erreger). In den Randgebieten (bei den ‚atypischen' Individuen) gehen die einzelnen Isolierungen gleitend in benachbarte Arten über und überschneiden sich mit ihnen, so daß es zu einer bloßen Ermessensfrage wird, welcher Art, d. h. welchem Mittelpunkt die betreffende Isolierung zugeordnet werden soll. Die einzig mögliche Aussage lautet:

eine Form ‚vom Typus des *Fusarium* . . .'."

3. Physiologie des Erregers

Bei der morphologischen Einheitlichkeit der Stämme des Cyclamenwelkeerregers war es von besonderem Interesse, ihr physiologisches Verhalten hinsichtlich der Temperatur, der Bodenreaktion und der Pathogenität zu untersuchen, zumal sich daraus Beziehungen zum Auftreten der Krankheit in der Praxis und Hinweise auf Gegenmaßnahmen (z. B. Temperaturhaltung in der Cyclamenkultur, Beeinflussung des Erregers durch bestimmte Bodenreaktionen usw.) ergeben konnten.

Über den Einfluß der Temperatur auf das Wachstum liegen bei *Fusarien* eine ganze Reihe von Untersuchungen vor. So geben z. B. Richter (1941) für den Welkeerreger an Lupinen (*F. oxysporum*) einen Temperaturbereich von 6 ° C bis 35 ° C bei einem Optimum von 29 ° C, Cannon (1944) für *F. oxysporum* f. *spinaciae* einen solchen von 6 ° C bis 33 ° C, optimal 27 ° C an. Wollenweber (1935) hat bereits 1935 als günstigste Temperaturen für das Cyclamen-*Fusarium* 28 ° C bis 30 ° C genannt und darin die Begründung für die Ausfälle im trockenheißen Sommer 1934 gesehen. In den hier durch-

geführten Temperaturversuchen sollten einmal der Temperaturbereich mit seinem Optimum und die Wachstumsgeschwindigkeit des Myzels, zum anderen eventuelle Unterschiede zwischen den Stämmen gefaßt werden. Sie wurden in Form von Plattenversuchen mit 2 %igem Würzeagar als Nährboden in einem Kühlschrank bzw. Thermostaten angesetzt. In allen diesen Versuchen war sowohl hinsichtlich der Temperaturspanne und des Optimums als auch des durchschnittlichen linearen Myzelwachstums ein völlig gleichsinniges Verhalten der Stämme zu beobachten. Die Unterschiede zwischen den Parallelplatten eines Stammes waren ebenso groß wie die zwischen verschiedenen, so daß die in Abb. 7 angegebenen Werte für alle Stämme Gültigkeit haben. Sie beruhen auf je fünf Parallelplatten eines jeden Stammes.

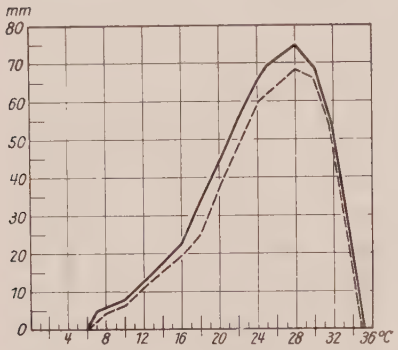


Abb. 7. Temperatureinfluß auf das Wachstum des Welkeerregers.
Ordinate: Durchmesser der Pilzkolonien auf Würze-Agar-Platten nach fünf Tagen (Durchschnitt aller Stämme)
Abszisse: Temperatur
——— = Beimpfung mit Myzelstücken
– – – – – = Beimpfung mit Sporenaufschwemmungen

Das Wachsutm des Cyclamenwelkeerregers beginnt demnach erst kurz oberhalb von 6 ° C und läßt sich bei 8 ° C bereits deutlich messen. Die obere Grenze liegt bei 35 ° C, während bei 37 ° C die Versuche negativ verliefen. Optimale Entwicklung findet der Pilz bei einer Tempeperatur von 28 ° C. Der Verlauf der Wachstumskurve weicht nur gering ab, wenn an Stelle der Beimpfung mit Myzelstücken eine solche mit einer Sporenaufschwemmung trat. Die etwas niedrigeren Werte im letzten Falle erklären sich daher, daß einmal die Myzelstücke einen Durchmesser von 5 mm, die Tropfen der Sporenaufschwemmung nur einen solchen von 2 bis 3 mm hatten, zum anderen bei ihnen nicht erst eine Keimung zu erfolgen brauchte und damit ein schnellerer Start gegeben war.

Über den durchschnittlichen linearen Myzelzuwachs gaben ebenfalls Plattenversuche Aufschluß. Sie wurden mit je fünf Parallelkulturen der Stämme 1 bis 12 auf Würzeagar angesetzt, bei 28 ° C bebrütet und täglich gemessen. Die Beimpfung fand mit 5 mm großen Myzelstücken statt, ausgestochen aus dem Rand unter gleichen Bedingungen angezogener, fünf Tage alter Plattenkulturen. Nach etwas schwächerem Wachstum am ersten Tage war der Zuwachs in den nächsten vier Tagen des Versuches etwa gleich und betrug durchschnittlich 14 bis 15 mm täglich.

Auch im Hinblick auf die Temperaturansprüche kann von einer Einheitlichkeit des untersuchten Pilzmaterials gesprochen werden, wobei die Stämme von *F. oxysporum* f. *cyclaminis* in ihrem Temperaturverhalten mit anderen Welkeerregern vom *Oxysporum*-Typ anscheinend weitgehend übereinstimmen.

Über die Bedeutung der Bodenreaktion auf die Entwicklung des Pilzes lagen aus der Praxis sich widersprechende Berichte vor. Während in einem Falle angeblich durch eine intensive Kalkung der Cyclamenerde der Welke wirksam begegnet worden war, wird von anderer Seite das katastrophale Auftreten der Cyclamenwelke nach dem Kriege gerade mit dem stark alkalischen Leitungswasser in Berlin in Verbindung gebracht. Besonders die letzte Ansicht war in Berliner Gärtnerkreisen weit verbreitet und schien sich nach den Beobachtungen von Beuster (1951) zu bestätigen. Beuster teilte mit, er hätte den Erreger vorwiegend im pH-Bereich von 6,0 bis 7,5, im sauren Bereich unter pH 5 dagegen überhaupt nicht gefunden. Mit einer sorgfältigen Haltung der Bodenreaktion zwischen pH 4,7 und pH 5 durch Gießen mit verdünnter Essigsäure und einer sparsamen N-Düngung sei es ihm gelungen, seinen stark verseuchten Betrieb praktisch befallsfrei zu bekommen. Die Art der Versuchsanstellung (vor allem die Tatsache, daß außerdem eine Entseuchung der Erde durchgeführt wurde,) und die bisherigen Erfahrungen über das Verhalten anderer *Fusarien* gegenüber bestimmten Bodenreaktionen geben aber zu einer sehr kritischen Einstellung gegenüber diesen „Versuchsergebnissen" Anlaß. Es soll durchaus nicht abgestritten werden, daß Beziehungen zwischen Bodenreaktion und Nährstoffversorgung

Tabelle 3

Wasserstoffionenkonzentration der Bierwürze-Nährböden

Nährboden	Zugabe an Säure bzw. Lauge	pH-Wert		
		1. Versuch	2. Versuch	Richter u. Schneider
10 ccm Würzeagar	1 ccm $\frac{n}{4}$ HCl	1,8	2,0	2,0
10 ccm Würzeagar	1 ccm $\frac{n}{8}$ HCl	2,8	2,6	2,4
10 ccm Würzeagar	1 ccm $\frac{n}{16}$ HCl	3,6	3,6	3,4
10 ccm Würzeagar	1 ccm $\frac{n}{32}$ HCl	4,4	4,4	4,3
10 ccm Würzeagar	1 ccm $\frac{n}{64}$ HCl	5,6	5,6	5,8
10 ccm Würzeagar	1 ccm $\frac{n}{64}$ NaOH	6,6	6,7	6,6
10 ccm Würzeagar	1 ccm $\frac{n}{32}$ NaOH	7,4	7,4	7,4
10 ccm Würzeagar	1 ccm $\frac{n}{16}$ NaOH	8,6	8,4	8,7
10 ccm Würzeagar	1 ccm $\frac{n}{4}$ NaOH	9,8	9,6	10,5
10 ccm Würzeagar	1 ccm $\frac{n}{2}$ NaOH	10,6	10,2	11,1
10 ccm Würzeagar	1 ccm $\frac{n}{1}$ NaOH	11,2	11,0	11,6

einerseits und der Befallshöhe andererseits bestehen können, doch erschien es von vornherein sehr unwahrscheinlich, daß sie als Grundlagen für wirksame Maßnahmen gegen den Pilz dienen könnten. Bei der Vielfalt der in dieser Arbeit berührten Probleme wurde daher dieser Frage nur insoweit nachgegangen, als in Wachstumsversuchen die Ansprüche des Welkeerregers an die Reaktion des Nährsubstrates untersucht wurden.

Die Untersuchungen über den Einfluß der Substratreaktion erstreckten sich auf den Bereich von etwa pH 2 bis pH 11 und wurden an den Stämmen 1, 2, 3, 4 und 7 mit je zwei Parallelplatten und einer Wiederholung des gesamten Versuches durchgeführt. Es wurden elf verschiedene Reaktionsstufen durch Zugabe von 1 ccm HCl oder NaOH verschiedener Konzentration zu 10 ccm Bierwürzeagar hergestellt. Die in Tabelle 3 angegebenen Mengen Säure bzw. Lauge und der Nährboden wurden, um Säurehydrolyse zu vermeiden, getrennt sterilisiert, anschließend miteinander vermischt und in Petrischalen ausgegossen.

Die mit dem LAUTENSCHLÄGER-Folienkolorimeter durchgeführte Bestimmung der pH-Werte ergab infolge der ziemlich groben, subjektiven Methode mehr oder weniger große Abweichungen sowohl zwischen den beiden Versuchsreihen als auch gegenüber den von RICHTER und SCHNEIDER (1953) gefundenen Werten. Sie können daher nur als Annäherungswerte angesehen werden; dies um so mehr, als auch die Kulturergebnisse infolge ungenügender Pufferung der Nährmedien nur orientierenden Charakter haben. Der Einfluß der verschiedenen Reaktionsstufen auf das Wachstum der *Fusarium*-Stämme ist in Abb. 8 an Hand der durchschnittlichen Koloniengröße in den beiden Versuchsreihen nach 120 Stunden Kulturzeit bei 25 ° C dargestellt. Auch hier verhielten sich die geprüften Stämme einheitlich.

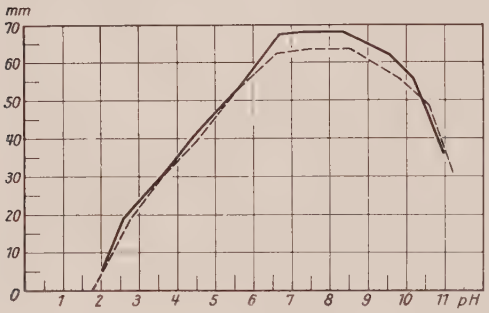


Abb. 8. Einfluß der Substratreaktion auf das Wachstum des Cyclamenwelkeerregers.
Ordinate: Wachstum der Kolonie in mm
Abszisse: pH-Wert
– – – –: 1. Versuch
————: 2. Versuch

Die Wachstumskurven zeigen ein optimales Myzelwachstum des *F. oxysporum* f. *cyclaminis* auf Würzeagar in einem pH-Bereich von etwa 6,6 bis 8,5. Nach beiden Richtungen hin macht sich dann eine Hemmung bemerkbar, die nach dem sauren Bereich etwas schneller zunimmt und dicht unterhalb pH 2 kein Wachstum mehr zuläßt. Im alkalischen Bereich ist mit pH 11,2 der Grenzwert noch nicht erfaßt worden, er dürfte wahrscheinlich zwischen pH 12 und 12,5 zu erwarten sein. Auf die in diesen Versuchen beobachteten Färbungen der Kolonien wurde bereits auf Seite 139 hingewiesen.

Natürlich gestatten diese Ergebnisse auf Grund der völlig anderen Versuchsbedingungen keine gültigen Rückschlüsse auf die tatsächlichen Verhält-

nisse in der Erde. Sie bieten aber kaum Hinweise dafür, daß innerhalb des für die Kultur von Cyclamen günstigen Reaktionsbereiches eine wesentliche Hemmung oder gar Unterdrückung des Welkeerregers möglich ist.

Vervollständigt wurde das Bild der *Fusarium*-Stämme durch Untersuchungen über ihre Pathogenität an *Cyclamen persicum* Mill. Neben denkbaren Unterschieden zwischen einzelnen Stämmen konnten sie auch Hinweise darauf zeigen, welcher Einfluß von einer mehrjährigen Haltung in Kultur auf die Virulenz zu erwarten sei, denn es lagen ja von den Stämmen 1, 2 und 3 außer den Ausgangskulturen zum Vergleich noch die Reisolierungen vor, die jährlich einmal über die Wirtspflanze geschickt worden waren. Diese Untersuchungen wurden im Sommer 1953 mit allen zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung stehenden Stämmen in zwei getrennten Versuchsreihen durchgeführt, die sich in methodischer Hinsicht voneinander unterschieden. Im ersten Versuch erfolgte die Infektion im Tauchverfahren. Dazu wurden von jedem Stamm Abschwemmungen etwa vier Wochen alter Röhrchenkulturen auf Möhrensaftagar in einem Becherglas zusammengegossen und die Flüssigkeit auf 200 ccm aufgefüllt. Für jede zu infizierende Pflanze wurden zwei Kulturen berechnet. Die Versuchspflanzen stammten aus derselben Aussaat einer Sorte und waren steril angezogen worden. Zum Zeitpunkt der Infektion befanden sie sich im Sechs- bis Zehnblattstadium. Nach Ausschütteln der Wurzelballen wurden je Stamm zwölf Pflanzen für einige Sekunden bis über die Knollen in die Sporenaufschwemmung eingetaucht und mit steriler Erde in neue 8-cm-Töpfe eingetopft. Die Pflanzen wurden im Gewächshaus auf Tischen aufgestellt, wobei die einzelnen Stämme zur Vermeidung von Spritzinfektionen durch etwa 30 cm hohe Zwischenwände voneinander getrennt standen. Je zwölf Cyclamen wurden als Kontrollen vor (K I) und nach (K II) der Versuchsanlage in Leitungswasser getaucht und dann eingetopft. Neben den *Fusarium*-Stämmen 1 bis 12 sind zwei vor Jahren aus dem Boden isolierte und als *F. oxysporum* var. *aurantiacum* bestimmte Kulturen (7084 und 7114) aus der Institutssammlung in den Versuch einbezogen worden. Die Dauer des Versuches erstreckte sich auf acht Wochen. Bonitiert wurde die Zahl der welkenden Pflanzen in Abständen von 14 Tagen, die Schlußbonitierung jedoch wurde an Hand der Verbräunungen in den Knollen vorgenommen.

Im Verlauf des Versuches kam der Verdacht auf, daß die zwischen einzelnen Stämmen auftretenden Unterschiede auf deren unterschiedlicher Fruktifikation und damit auf einer verschiedenen Dichte der zur Infektion verwandten Sporenaufschwemmungen beruhen könnten; denn die Menge der vorhandenen Keime ist zweifellos von maßgeblichem Einfluß auf das Gelingen einer Infektion. Im zweiten Versuch wurden daher die Pflanzen mit Torfkulturen (vgl. S. 131) infiziert. Der Inhalt eines 500-ccm-Kolbens reichte für zehn Pflanzen aus und wurde beim Eintopfen möglichst gleichmäßig um den Wurzelballen verteilt. Die Zahl der Versuchspflanzen war auf 20 je Stamm heraufgesetzt und auch die der Pilzstämme selbst erweitert worden, indem bei einigen von ihnen Reisolierungen aus im ersten Versuch aufgetrete-

nen Sporodochien (*re*S) einbezogen wurden. Durch Infektionsversuche sollte die Zugehörigkeit dieser Sporenlager zu dem Welke-*Fusarium* bestätigt werden. Außerdem stand als Rohkultur der Stamm 13 aus der Pfalz zur Verfügung, von dem allerdings noch keine Torfkulturen angesetzt waren, so daß mit ihm durch Anlegen von Myzelstücken aus Plattenkulturen an die Wurzeln infiziert werden mußte. Die übrige Versuchsanlage, Dauer und Bonitierungsverfahren waren die gleichen wie im ersten Versuch. Die beiden Versuchsreihen werden in der Tabelle 4 gegenübergestellt.

Tabelle 4

Die Pathogenität der Stämme des Cyclamenwelke-Erregers

Stamm	Pflanzenzahl		Welkekranke Pflanzen							
			n. 2 Wochen		n. 4. Wochen		n. 6 Wochen		n. 8 Wochen	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
K I	12	20	0	0	0	0	0	0	0	0
1	12	20	0	1	2	4	11	14	12	18
1 *re*K	12	20	0	1	1	7	4	13	8	18
2	12	20	2	1	4	13	10	20	12	20
2 *re*K	12	20	0	0	0	7	2	14	8	19
3	12	20	0	0	2	7	5	15	11	18
3 a *re*K	12	20	0	0	1	7	9	14	10	19
3 b *re*K	12	20	0	0	0	10	2	18	7	20
3 b *re*S		20		0		4		15		20
4	12	20	1	1	6	12	12	18	12	20
5	12	20	0	0	2	6	9	11	11	18
5 *re*S		20		1		4		16		20
6	12	20	1	1	2	16	5	19	9	20
7	12	20	0	0	1	2	5	9	7	17
8	12	20	0	1	1	6	2	11	8	18
9	12	20	1	0	3	10	8	18	9	20
10	12	20	0	1	1	3	4	12	6	17
11	12	20	0	0	2	1	6	5	10	15
12	12	20	0	1	3	9	5	15	10	17
13 roh		20		4		14		19		20
7084	12		0		0		0		0	
7114	12		0		0		0		1	
K II	12	20	0	0	0	0	0	0	0	1

I = erster Versuch, II = zweiter Versuch.

Die vorliegenden Ergebnisse der beiden Versuchsreihen zeigen, daß die Zahl der gelungenen Infektionen zwischen den Stämmen schwankt, im ersten Versuch (Infektion mit Sporenaufschwemmungen) mehr als in der Wiederholung (Infektion mit Torfkulturen). Die Schwankung lag bei der Schlußbonitierung, also nach acht Wochen, zwischen sechs und zwölf Pflanzen (50 % bis 100 %) bzw. 15 und 20 Pflanzen (75 % bis 100 %). Die Infektionsmethode mit Torfkulturen scheint daher für Virulenzprüfungen vorzuziehen zu sein. Andererseits decken sich die Ergebnisse bei dem gleichen Stamm in den beiden Versuchsreihen durchaus nicht immer (vgl. Stamm 3 b *re*K). Es besteht deshalb keine Veranlassung, von einem unterschiedlichen Verhalten der Stämme hinsichtlich ihrer Virulenz zu sprechen, ganz abgesehen davon,

daß für eine endgültige Beurteilung dieser Frage die Zahl der Versuchspflanzen wesentlich größer sein müßte. In Anbetracht der Tatsache, daß mindestens die Hälfte, vielfach aber die Gesamtheit der Versuchspflanzen eines Stammes innerhalb von acht Wochen eindeutig welkekrank wurde (Abb. 9), müssen alle geprüften Stämme des Cyclamenwelkeerregers als außerordentlich pathogen und damit auch in diesem Merkmal als einheitliches Pilzmaterial angesehen werden.

Abb. 9. Infektionsversuch nach acht Wochen. Links: Stamm 2, rechts: Kontrolle

Ein Vergleich der Stämme 1, 2 und 3 mit ihren *Re*-Stämmen zeigt, daß die Virulenz trotz mehrjähriger Haltung in Kultur nicht nachgelassen hat. Damit konnte die Beobachtung Oswalds (1949), daß bei einigen *Fusarien* mit dem Übergang von der „Hochkultur" zu Kulturvarianten die Virulenz absank, für die Stämme von *F. oxysporum* f. *cyclaminis* nicht bestätigt werden. Zwischen dem Zustand in Kultur und der Pathogenität waren keine Zusammenhänge aufzudecken.

C. Krankheitsbild und Krankheitsverlauf

Makroskopische Beobachtungen

Mit dem Welken oberirdischer Pflanzenteile, dem die Krankheit ihren Namen zu verdanken hat, zeigt die Cyclamenwelke ihre auffälligsten Symptome. Zu diesem Zeitpunkt ist aber die Erkrankung bereits in das letzte Stadium eingetreten. Legt man die unterirdischen Pflanzenteile eines welkenden Alpenveilchens frei, so läßt sich an Hand typischer Merkmale an den Wurzeln und in der Knolle der Verlauf der Krankheit verfolgen.

Die Infektion geht fast ausnahmslos von der verseuchten Erde aus. Durch die Epidermis und das Rindenparenchym dringt der Pilz in den Zentralzylinder einer Wurzel ein. Die Frage, ob es dazu irgendwelcher Verletzungen der Wurzeln bedarf oder ob er auch durch die unverletzte Epidermis ein-

dringen kann, wurde nicht näher untersucht. Ihre Klärung dürfte auch nur von theoretischem Interesse sein, da dem Pilz durch Verletzungen beim Pikieren oder Topfen praktisch immer Eingangspforten zur Verfügung stehen werden. Die Infektion kann nicht nur an der Wurzelspitze, sondern auch an anderen Teilen der Wurzeln stattfinden. Makroskopisch sichtbar wird der Befall durch eine Verbräunung der Gefäße und schon kurze Zeit später durch eine Verbräunung des übrigen Wurzelgewebes. Wird das Wurzelwerk welke-

Abb. 10. Verschiedene Befallsstadien an Wurzeln. Die beiden äußeren Wurzeln teilbefallen, zweite von links völlig vermorscht, mit Befallsherd am Knollenbogen, zweite von rechts gesund

Abb. 11. Kolonie des Erregers, aus dem verbräunten Teil des Zentralzylinders der rechten Wurzel der in Abb. 10 dargestellten Pflanze herausgewachsen

kranker Cyclamen ausgewaschen, so sind die befallenen Wurzeln deutlich von den noch gesunden zu unterscheiden. Längsschnitte zeigen, daß die Vermorschung der Wurzel meist schon wenige Millimeter unterhalb, oft sogar zugleich mit der Verbräunung des Zentralzylinders einsetzt (Abb. 10). Wurden Zentralzylinder aus solchen teilbefallenen Wurzeln herauspräpariert, so gelangen Isolierungen des Erregers nur aus den bereits verbräunten Partien der Zentralzylinder. Die in Abb. 11 dargestellte Isolierung ist aus der rechten Wurzel der in Abb. 10 gezeigten Pflanze vorgenommen worden. Aus gesunden Teilen der Wurzeln konnte das *Fusarium* niemals isoliert werden. Diese Beobachtungen deuten darauf hin, daß mit dem Wachstum des Pilzes die Verbräunung zeitlich etwa Hand in Hand geht. Die befallenen Wurzelpartien sind schwarzbraun und morsch, so daß sie beim Auswaschen häufig abfallen und nur noch ein kurzer Stumpf an dem Übergang zu gesundem Gewebe haften bleibt.

Ist der Welkeerreger in einer Wurzel bis zur Knolle vorgewachsen, so bildet sich am Knollenboden meist ein brauner, nekrotischer Herd aus, der dann besonders auffällt, wenn von mehreren nebeneinandergelegenen Wurzeln der Eintritt in die Knolle gleichzeitig erfolgt ist (Abb. 12). Mit fortschreitendem

Wachstum in der Knolle bleiben die Verbräunungen anfangs meist auf die aus den befallenen Wurzeln stammenden Gefäßbündel beschränkt. In Knollenquerschnitten sind daher häufig die einzelnen Gefäßstränge deutlich zu erkennen und bieten so das typische Bild einer Tracheomykose (Abb. 13 links). In diesem Stadium hat die Knolle in der Regel ihre ursprüngliche Festigkeit selbst dann noch, wenn diffuse, wäßrig-braune Flecken außerhalb der Gefäßbündel auftreten. Mit dem Zusammentreten der verbräunten Ge-

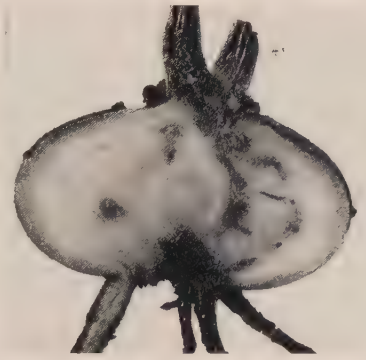


Abb. 12. Längsschnitt durch eine Knolle im fortgeschrittenen Befallsstadium mit verbräunten Wurzeln, Herd am Knollenboden, verbräunten Gefäßen und nekrotischem Herd am Scheitel

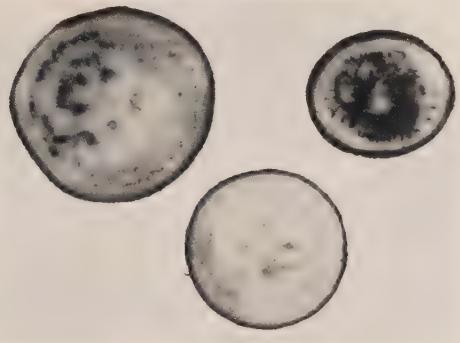


Abb. 13. Knollenquerschnitte. Links: einseitig Gefäße verbräunt. Mitte: gesunde Knolle. Rechts: allseitige Verbräunung, nekrotischer Herd dicht unter dem Knollenscheitel

fäße im Herzen der Knolle entsteht dort ein besonders auffälliger nekrotischer Herd, der später oft kavernenartige Hohlräume aufweist. Bei einer flüchtigen Betrachtung eines Längsschnittes durch eine stark verbräunte Knolle kann daher leicht der Eindruck entstehen — wie es in der Praxis oft der Fall war (vgl. Beuster, 1951) —, daß hier der eigentliche Ausgangsherd der Krankheit vorliege und wahrscheinlich eine Infektion von oben stattgefunden habe. Verfolgt man jedoch den Verlauf einzelner verbräunter Gefäße nach dem Knollenboden zu, so wird man fast ausnahmslos Reste verbräunter Wurzeln und damit die tatsächliche Eintrittsstelle des Welkeerregers in die Knolle entdecken. Eine Infektion von oben läßt sich zwar mit künstlichen Infektionsmethoden ohne Schwierigkeiten herbeiführen, dürfte aber in der Natur nur von untergeordneter Bedeutung sein.

Im fortgeschrittenen Welkestadium setzt dann häufig — meist vom Herzen der Knolle ausgehend — durch Hinzutreten anderer Pilze oder Bakterien eine Fäulnis ein.

Die Zerstörung der Wasserleitungsbahnen in Wurzeln und Knolle führt letzten Endes zu dem oberirdisch sichtbaren Krankheitsmerkmal, dem Welken. Dieses Welken macht sich in dem Maße bemerkbar, in dem der Pilz die wasserzuleitenden Elemente zerstörte. So ist es auch zu erklären, daß es nicht schlagartig an der ganzen Pflanze einsetzt, sondern daß nach und nach

Abb. 14. Einseitig beginnende Welke an einem blühfähigen Alpenveilchen

immer nur die Blätter welken, deren Wasserzufuhr unterbunden ist. Erst wenn der Pilz durch die Knolle hindurchgewachsen ist, zeigen sich in der Regel die ersten oberirdischen Welkeanzeichen. Es ist ganz typisch für die *Fusarium*-Welke, daß die Welkesymptome zunächst einseitig — meist an den äußeren Blättern zuerst — auftreten (Abb. 14). Nach und nach wird dann die ganze Pflanze erfaßt, bis sie schließlich völlig zusammenbricht und vertrocknet. Auch die Art, wie ein einzelnes Blatt infolge *Fusarium*-Befalles welkt, bietet ganz charakteristische Merkmale, die eine Unterscheidung von anderen Welkeerscheinungen ermöglichen. Das Einsetzen des oberirdischen Welkens kündigt sich in der Regel mit Verfärbungen der Blattspreiten an, die je nach der natürlichen Zeichnung eines Blattes variieren und mehr oder weniger auffallend in Erscheinung treten können. Häufig entstehen die anfangs gelben Blattpartien zuerst am Blattgrund, in unmittelbarer Nähe der Ansatzstelle des Blattstieles (Abb. 15).

Gleichzeitig wird das Gewebe des Blattstieles — meist dicht über der Knolle — weich und schlaff. An dieser Stelle knickt dann der Blattstiel um, und das Blatt sinkt zu Boden (Abb. 16). Allmählich schrumpft der Blattstiel oberhalb der Knickstelle ein und trocknet fadenartig zusammen (vgl. Abb. 15). Der eingetrocknete, harte Blattstiel bleibt noch lange Zeit ziemlich fest an der Knolle haften. Auffallend lange behält auch die Blattspreite in der Regel ihre Festigkeit. Oft erst nach mehreren Tagen wird sie schlapp und verfärbt sich weiter. Dabei prägt sich der nekrotische Hof am Blattgrund häufig sehr deutlich aus und ist als braune bis schwarzgraue Blattpartie gegenüber dem anderen Geweben gelegentlich scharf abgegrenzt (vgl. Abb. 18), bis schließlich die ganze Spreite völlig verdorrt und abfault. Ein eigentliches Schlappen der

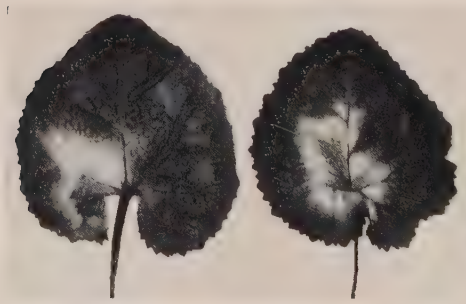


Abb. 15. Für die *Fusarium*welke typische Verfärbungen der Blattspreiten

Abb. 16. Welkekranke Blätter. Stiele mit typischer Knickstelle und beginnender Eintrocknung

Blätter bei noch aufrechtem Blattstiel, wie es bei Trockenheit oder physiologischen Störungen manchmal zu beobachten ist, kann für die Cyclamenwelke durchaus nicht als typisch angesehen werden. Blätter und Blüten — auch der junge Durchtrieb — welken so nach und nach ab. Dabei kann die Zeitspanne von den ersten Welkeanzeichen bis zum völligen Zusammenbruch je nach dem Entwicklungsstadium der Pflanze, dem Grad des Befalles und den Wachstumsbedingungen für den Pilz nur wenige Tage betragen, sich aber auch über mehrere Wochen erstrecken.

Abb. 17. Ausgedehnte Sporenlager am Blattstiel eines abgewelkten Blattes

Abb. 18. Fruktifikation auf der Blattspreite, dem Verlauf der Adern folgend

Als Abschluß seiner Entwicklung auf der Wirtspflanze bildet dann das Welke-*Fusarium* häufig seine Sporenlager aus. So kommt bei der Cyclamenwelke der Erreger oft schon an den ersten welkenden Blättern, manchmal aber auch erst nach dem völligen Zusammenbruch selbst zum Vorschein. Die blaßrosa- bis lachsfarbigen, gelegentlich von einem mehr oder weniger kräftigen Luftmyzel begleiteten Sporodochien treten bevorzugt an den eingetrockneten Blattstielen auf, an der Knickstelle dicht über der Knolle, manchmal fast auf der ganzen Länge des abgewelkten Stieles (Abb. 17) oder am Übergang zur Blattspreite. Seltener entstehen die Konidienlager auf der Spreite selbst. In der Regel folgen sie dann dem Verlauf der Blattnerven (Abb. 18) und lassen damit auch äußerlich das Wachstum des Welkeerregers in den Gefäßen erkennen.

Nach Beobachtungen in verseuchten Cyclamenbeständen und in Infektionsversuchen bildet der Welkeerreger wesentlich häufiger seine Sporenlager aus, als es bisher angenommen wurde. Wenn der Pilz auch saprophytisch auf organischem Substrat leben und sporulieren kann, so kommt doch zweifellos den auf kranken Cyclamen gebildeten Fruchtlagern mit ihren Milliarden von Sporen als Infektionsherd die entscheidende Bedeutung an der restlosen Verseuchung zahlreicher Gartenbaubetriebe zu.

Das jährlich wiederkehrende katastrophale Auftreten der Welkekrankheit in den warmen Sommermonaten läßt eine klare Abhängigkeit der Krankheit von der Witterung erkennen. Hohe Temperaturen (25 bis 30 ° C) schaffen günstige Infektionsbedingungen und fördern die Entwicklung des Pilzes. Andererseits führen sie zu einem gesteigerten Wasserverbrauch der Pflanzen, so daß sich eine Unterbrechung der Wasserzufuhr besonders stark bemerkbar macht. In der Regel sind daher die ersten spürbaren Ausfälle in den Gärtnereien nach warmen Tagen im Frühjahr zu erwarten, wenn die Cyclamen noch in Pikierkästen im Haus oder im gepackten Kasten stehen. Mit fortschreitender Jahreszeit nehmen die Verluste zu und erreichen meist in trockenheißen Perioden des Hochsommers ihren höchsten Stand. Im Herbst und nach dem Einräumen in Gewächshäuser geht die Krankheit zurück, kann aber noch laufend zu Ausfällen führen. Häufig steigen wenige Wochen nach dem Eintopfen oder dem Verpflanzen die Verluste stark an. Die Erklärung dafür liegt wohl in der Zufuhr weiterer Keime mit dem neuen Erdsubstrat.

Abb. 19. Welkekranker Sämling mit typischen Symptomen an Wurzeln, Knolle, Blattstiel und -spreite

In gleicher Weise wie der jahreszeitliche Ablauf der Krankheit im Betrieb wird natürlich auch der Krankheitsverlauf an der einzelnen Pflanze maßgeblich durch Umweltbedingungen beeinflußt. In Infektionsversuchen mit Jungpflanzen im Sechs- bis Zehnblattstadium waren die ersten Verbräunungen an den Wurzeln bereits nach drei bis vier Tagen, in den Knollen nach sechs bis sieben Tagen und die ersten Welkeerscheinungen nach acht bis zehn Tagen zu beobachten, denen oft unmittelbar die Sporenlagerbildung folgte. Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß bei diesen Versuchen Temperatur, Feuchtigkeit, Masse des Infektionsmaterials und die noch kleinen Pflanzen einen so schnellen Ablauf der Krankheit besonders begünstigten. Andererseits standen die Pflanzen manchmal mehrere Monate lang unter ungünstigen Infektionsbedingungen, ehe sie welkten.

Eine Bindung des *Fusarium*-Befalles an bestimmte Entwicklungsstadien der Cyclamen besteht dagegen nicht. Beziehungen lassen sich zwischen ihnen nur insofern erkennen, als in der Praxis mit den für eine Infektion günstigen Jahreszeiten regelmäßig die gleichen Altersstadien der Alpenveilchen zusammenfallen. In Infektionsversuchen lassen sich jedoch alle Entwicklungsstadien, vom frisch aufgelaufenen Sämling (Abb. 19) bis zur verkaufsfertigen Pflanze (Abb. 14), welkekrank machen, wenn nur geeignete Bedingungen dafür geschaffen werden. Die in einer Gärtnerei beobachteten hohen Ausfälle bereits im Sämlings- und Pikierstadium sind ein Hinweis dafür, daß auch in der Praxis schon im frühesten Jugendstadium mit Infektionen und Verlusten zu rechnen ist.

2. Mikroskopische Beobachtungen

Die aus den makroskopischen Beobachtungen gewonnenen Hinweise auf den Infektionsweg und das Wachstum des Welkeerregers in der Pflanze wurden durch mikroskopische Untersuchungen ergänzt.

In den Gefäßen aller Pflanzenteile war der Pilz ohne Schwierigkeiten dann nachzuweisen, wenn sie bereits makroskopisch eine Verbräunung zeigten (Abb. 20). In noch nicht verfärbten Elementen des Xylems und Phloems konnten niemals Hyphen des Welkepilzes beobachtet werden. Waren sie dagegen verbräunt, fehlte auch der Erreger nicht. Querschnitte durch andere Gewebe ließen dort ähnliche Verhältnisse erkennen. Als besonders geeignet erwiesen sich Handschnitte durch verbräunte, aber noch nicht vermorschte Wurzeln am Übergang zum gesunden Gewebe. Ein Anfärben der Präparate war nicht erforderlich. Solche Querschnitte zeigten

Abb. 20. Hyphen des Welkeerregers in einer Netztrachee einer verbräunten Cyclamenwurzel

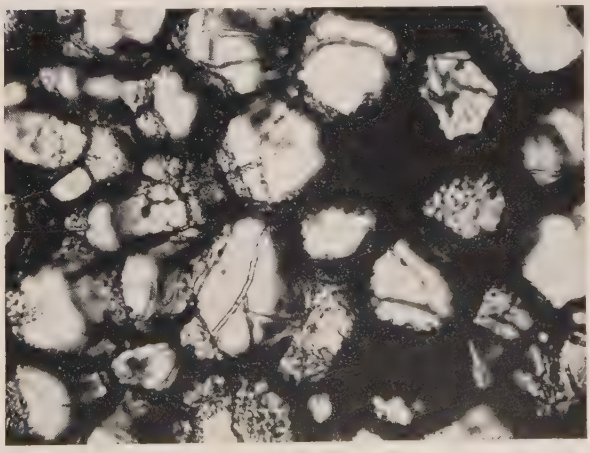


Abb. 21. Hyphen des Welkeerregers im Rindenparenchym einer verbräunten Wurzel (etwa 250 : 1)

den Welkeerreger im Zentralzylinder, im Rindenparenchym und in den Zellen der Epidermis. Das *Fusarium* wächst vorwiegend intrazellular, auf kurzen Strecken ist jedoch auch gelegentlich interzellulares Wachstum zu beobachten. Die von den Hyphen durchzogenen Parenchymzellen waren ausnahmslos nekrotisch verändert (Abb. 21). Während ein großer Teil derselben den normalen Aufbau überhaupt nicht mehr erkennen ließ und nur noch als schwarzbrauner Fleck erschien, zeigte sich bei anderen eine von den Zellwänden her beginnende Auflösung. Über die zellphysiologischen Vorgänge und die näheren histologischen Veränderungen kann bei dem nur orientierenden Charakter der mikroskopischen Beobachtungen nichts Genaues ausgesagt werden. Sie lassen aber zweifellos den Schluß zu, daß das Welke-*Fusarium* zwar in den Gefäßen voranwächst, bald jedoch auf andere Gewebe übergreift und es dort erst bei seiner Gegenwart oder zumindest unmittelbarer Nähe zu den nekrotischen Veränderungen kommt. Sie haben damit zu einer Bestätigung der makroskopischen Beobachtungen geführt.

D. Untersuchungen über Möglichkeiten der Bekämpfung

In Anbetracht der ernsten Lage, die in zahlreichen Berliner Erwerbsgärtnereien durch das katastrophale Auftreten der Cyclamenwelke entstanden war, mußte es als eine vordringliche Aufgabe angesehen werden, geeignete Bekämpfungsverfahren auszuarbeiten und damit den Gärtnern praktische Hilfe zu leisten. Die Untersuchungen über Möglichkeiten einer Bekämpfung der Welkekrankheit nahmen daher in der vorliegenden Arbeit einen besonders breiten Raum ein. Erfreulicherweise wurden auch vom Institut für Blumen- und Zierpflanzenbau der Technischen Universität Berlin und von der Beratungsstelle für Gartenbau und Landwirtschaft Berlin Arbeiten in dieser Richtung aufgenommen.

Die Voraussetzungen für die Einleitung sinnvoller und aussichtsreicher Gegenmaßnahmen waren im hiesigen Institut mit dem Nachweis des Erregers und mit Beobachtungen über seine Lebensweise geschaffen worden. Die an *Fusarien*-Welken anderer Kulturpflanzen gesammelten Erfahrungen gestatteten weitere Rückschlüsse, so daß RICHTER (1951) auch für die Bekämpfung der Cyclamenwelke bereits praktische Ratschläge geben konnte. Er empfahl ausnahmslos hygienische Maßnahmen, wie Erddämpfung, Entseuchung der Kulturgefäße und -räume, laufende Überwachung der Cyclamenbestände und Vernichtung befallener Pflanzen, Maßnahmen, deren Bedeutung im Verlauf der vorliegenden Arbeit durch die geschilderten Untersuchungen über Infektionsweg und Krankheitsablauf eindeutig bestätigt worden ist. So kennzeichnete der Nachweis der Wurzelinfektion die entscheidende Rolle der verseuchten Erde als Infektionsquelle, wobei die Anfälligkeit aller Altersstadien der Cyclamen auf die Notwendigkeit hinwies, die gesamte Kultur — nicht nur einzelne Abschnitte — in entseuchter Erde durchzuführen. Mit den sehr häufig beobachteten Sporenlagern auf kranken Pflanzen wurde eine Erklärung für die völlige Verseuchung zahlreicher Betriebe innerhalb weniger Jahre gefunden und damit die besondere Bedeutung der sorgfältigen Überwachung

der Cyclamenkulturen und der Vernichtung kranker Pflanzen bei den ersten Welkeanzeichen erneut offenbar.

Daß die genannten Maßnahmen durchaus befriedigende Erfolge bringen können, wurde in der hiesigen Institutsgärtnerei gezeigt. Durch die in den Jahren seit 1946 laufend mit künstlichen Infektionen durchgeführten Resistenzuntersuchungen waren deren Cyclamenbestände bewußt sehr stark verseucht worden. Innerhalb eines Jahres gelang es jedoch, sie auf die beschriebene Weise wieder praktisch befallsfrei zu bekommen. Die mehrfach gemeldeten Mißerfolge in Erwerbsgärtnereien mit der Erddämpfung mußten daher zu dem Verdacht führen, daß nicht die hygienischen Maßnahmen an sich, sondern die Art und Weise, w i e sie durchgeführt worden waren, unzureichend gewesen sein mußten. Es erschien deshalb einmal erforderlich, diesem Verdacht nachzugehen, indem die verschiedenen Verfahren der Erdentseuchung in Vorversuchen auf ihre Wirksamkeit überprüft und in verseuchten Betrieben praktisch erprobt wurden. Darüber hinaus sollten handelsübliche Fungizide auf ihre Eignung für eine laufende Bekämpfung in Form von Gießverfahren oder Erdbeimischungen untersucht werden.

1. Vorversuche

a) Plattenversuche mit Fungiziden

Die Erfahrungen über die Wirksamkeit chemischer Präparate zur Bekämpfung von Welke-*Fusarien* beruhen vorwiegend auf den Ergebnissen von Gewächshaus- oder Feldversuchen. Es steht außer Zweifel, daß solchen unter natürlichen Bedingungen durchgeführten Versuchen die entscheidende Bedeutung zukommt. Da aber in den vorliegenden Untersuchungen anfangs nicht die Eignung eines Mittels für eine vorbeugende Erdentseuchung, sondern die Suche nach geeigneten Präparaten für eine laufende Anwendung während der Kultur im Vordergrund stand, war es notwendig, andere Fungizide der verschiedenartigsten chemischen Zusammensetzung dazu heranzuziehen und in Laborversuchen zu prüfen, zumal über deren Wirkung auf *Fusarien* im allgemeinen nur wenig und auf den Erreger der Cyclamenwelke im besonderen überhaupt nichts bekannt war. Über derartige Laboratoriumsprüfungen finden sich in der Literatur nur spärliche Hinweise, die in diesem Zusammenhang noch an Bedeutung verlieren, da diese Untersuchungen vorwiegend mit chemischen Verbindungen durchgeführt wurden, die heute in der Herstellung von Handelspräparaten kaum eine Rolle spielen dürften und sich außerdem auf andere *Fusarien* beziehen. Die Untersuchungen von Leonian (1929) haben aber gezeigt, daß sich Vertreter der Gattung *Fusarium* gegenüber einzelnen chemischen Stoffen recht unterschiedlich verhalten können, so daß aus diesen Hinweisen nicht ohne weiteres Rückschlüsse auf das Verhalten des Cyclamenwelke-Erregers gezogen werden können.

Die „Giftwirkung" eines Präparates wurde in Wachstumsversuchen auf Würzeagar-Platten beurteilt. Je 5 ccm sterilisierter Würzeagar und wäßrige Lösung oder Aufschwemmung eines Mittels wurden in Petrischalen aus-

gegossen und intensiv vermischt, beide doppelt konzentriert, so daß nach der Verdünnung beim Zusammengießen der Nährboden das Pilzgift in der gewünschten Konzentration enthielt. Anfangs waren die Präparate mit der Nährlösung zusammen, später getrennt sterilisiert worden. In beiden Fällen traten jedoch Umsetzungen ein. Deshalb wurden in der endgültigen Versuchsanstellung die mit Leitungswasser hergestellten Fungizid-Lösungen unsteril dem Würzeagar zugegeben. Die erwarteten Verunreinigungen waren überraschend gering und erschwerten nur selten eine zuverlässige Auswertung, gaben aber andererseits auf Grund ihres Ausmaßes und der Art der Fremdorganismen orientierende Hinweise auf die Wirkungsbreite des betreffenden Mittels. Die so hergestellten Platten wurden mit einem Tropfen einer Sporenaufschwemmung beimpft, bei 25 ° C bebrütet und nach fünf Tagen durch Messung der Kolonien bonitiert. Zwischen den Parallelplatten und besonders den Versuchswiederholungen traten bei einigen — vor allem bei Stäubemitteln infolge ihrer Unlöslichkeit — teilweise recht beträchtliche Unterschiede in der Hemmung auf. Die Ergeb-

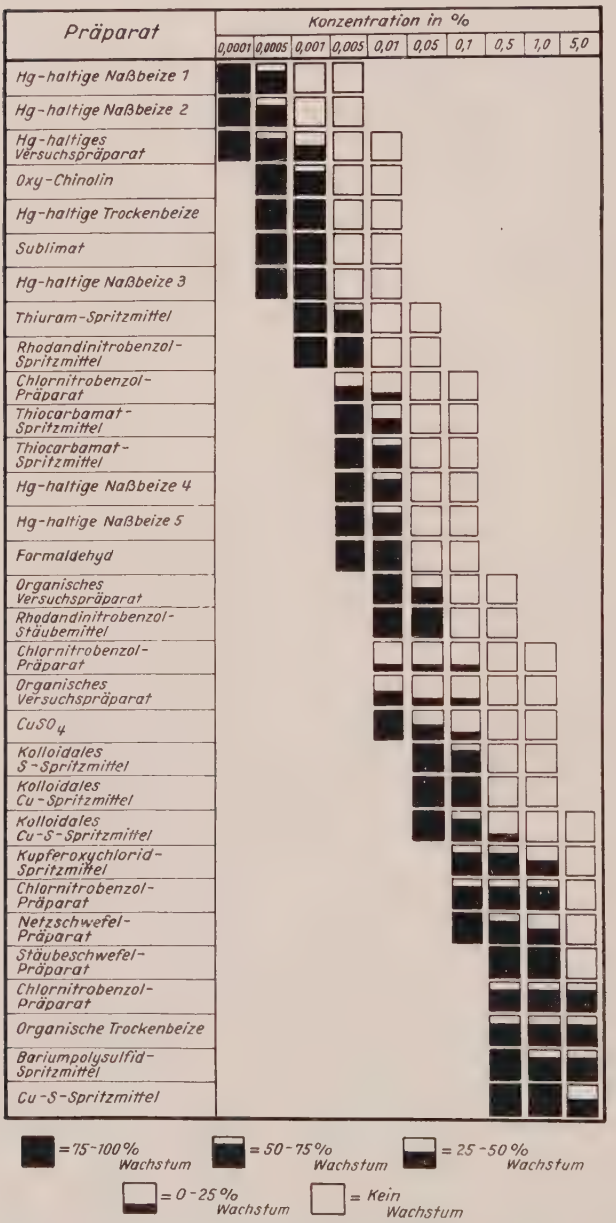


Abb. 22. Die Wirkung von Fungiziden auf den Erreger der Cyclamenwelke in Plattenversuchen

nisse dieser Untersuchungen wurden daher in der Abb. 22 nur in fünf Hemmungsstufen, bezogen auf die unbehandelten Kontrollen, dargestellt. Eine absolute Hemmung (weißes Quadrat) wurde nur dann angegeben, wenn eine solche in allen Versuchsreihen, im kritischen Konzentrationsbereich um den Schwellenwert waren es drei mit je fünf Parallelplatten, aufgetreten war.

Die Ergebnisse dieser Plattenversuche zeigen recht deutlich, wie verschieden die einzelnen Präparate auf das Welke-*Fusarium* wirken. Obwohl dafür auch die quantitativen Unterschiede im Wirkstoffgehalt der einzelnen Mittel, die in der Darstellung nicht berücksichtigt wurden, mit verantwortlich gemacht werden müssen, liegt die unterschiedliche fungizide Wirksamkeit doch zweifellos in erster Linie in der Qualität der Wirkstoffe begründet. So führten Hg-haltige Präparate schon in niedrigen Konzentrationen zu einer völligen Hemmung, während Cu- und S-haltige Mittel erst in hohen Konzentrationen hemmten und einige von ihnen noch bei 5 %igem Gehalt im Nährboden Wachstum zuließen. Die organischen Fungizide wirkten sehr unterschiedlich und lassen sich auf Grund ihrer verschiedenartigen chemischen Zusammensetzung nicht einheitlich charakterisieren.

Weiterhin fiel der unterschiedliche Verlauf der Hemmung bei den einzelnen Mitteln auf. Während bei einigen nur eine einzige Konzentrationsstufe zwischen normalem Wachstum und völliger Hemmung lag, zeigten andere (vor allem nitrierte Benzole) eine oft gleichbleibende Hemmung über mehrere Konzentrationsstufen hinweg.

Es bestand von vornherein Klarheit darüber, daß diese Ergebnisse aus Plattenversuchen nicht ohne weiteres Rückschlüsse auf die Eignung eines Präparates für eine Bekämpfung unter natürlichen Verhältnissen und schon gar nicht auf die geeigneten Konzentrationen oder Aufwandmengen zuließen. Aufschluß darüber konnten allein die später zu schildernden praktischen Bekämpfungsversuche geben.

b) Temperatur- und Dämpfversuche

Die Untersuchungen über das Temperaturverhalten der *Fusarium*-Stämme (vgl. S. 144) hatten gezeigt, daß bei anhaltender Einwirkung von Temperaturen über 36 ° C keine Sporenkeimung und kein Myzelwachstum mehr stattfinden. Um aber den Gründen für das angebliche Versagen der Erddämpfung auf die Spur zu kommen, mußte die Wirkung einer zeitlich begrenzten Behandlung mit höheren Temperaturen untersucht werden. Zu diesem Zweck wurden je 1 ccm einer Sporenaufschwemmung in Reagenzröhrchen mit drei Parallelen im Wasserbad einer nach Zeit und Temperaturhöhe abgestuften Behandlung ausgesetzt, anschließend auf Würzeagar-Platten ausgegossen, bei 25 ° C bebrütet und nach fünf Tagen bonitiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5

Die Wirkung einer Temperaturbehandlung im Wasserbad

Zeit in Minuten	Temperatur in ° C					
	40	45	50	60	75	100
20	+	+	+	– –	– –	– –
30	+	+	– –	– –	– –	– –
45	+	+	– –	– –	– –	– –
60	+	+	– –	– –	– –	– –
90	+	– –	– –	– –	– –	– –

Tabelle 6

Die Wirkung einer Temperaturbehandlung im Trockenschrank und im Dampftopf

Zeit in Minuten	Temperatur 100 ° C	
	Thermostat	Dampftopf
20	+	– –
25	+	– –
40	+	– –
30	+	– –
50	+	– –
60	+	– –
90	+	– –

+ = Wachstum – – = kein Wachstum

Die Sporen des Erregers der Cyclamenwelke wurden demnach bei
45 ° C durch 90 Min. Einwirkungsdauer
50 ° C „ 30 Min. „
60 ° C „ 20 Min. „ abgetötet.
und darüber

Außerdem war bei 45 ° und 50 ° C eine mit der Dauer der Einwirkung zunehmende Keimverzögerung gegenüber den unbehandelten Kontrollen zu beobachten.

Da in diesen Versuchen die wahrscheinlich widerstandfähigeren sklerotialen Gebilde nicht miterfaßt worden waren, wurden als nächster Schritt etwa acht Wochen lang bewachsene Gerstenähren und Luzernestengel im Trockenschrank entsprechend der Temperatur bei der Erddämpfung 100 ° C ausgesetzt, in bestimmten Zeitabständen entnommen, in zehn Stücke zerschnitten auf je 2 Würzeagar-Platten ausgelegt und bei 25 ° C gehalten. Die überraschenden Ergebnisse (Tabelle 6) wurden anfangs in erster Linie der Temperaturwiderstandsfähigkeit der Sklerotien sowie der Größe und der Art des bewachsenen Substrates zugeschrieben, bis dann durch Parallelversuche im Dampftopf die entscheidende Rolle der Feuchtigkeit zutage trat.

Bei ausreichender Feuchtigkeit ist also der Erreger der Cyclamenwelke in allen Stadien schon mit verhältnismäßig niedrigen Temperaturen innerhalb kurzer Zeit abzutöten. Er ist gegenüber Hitze durchaus nicht widerstandsfähiger als andere Pilze. Frosttemperaturen schaden ihm dagegen anscheinend weniger. Aus Cyclamenknollen und bewachsenen Gerstenähren, die 28 Tage lang bei — 10 ° C eingefroren worden waren, konnte er ohne Anzeichen einer Schädigung isoliert werden. Es ist zu erwarten, daß er auch wesentlich niedrigere Temperaturen lange Zeit verträgt.

Weitere Hinweise auf Ursachen der unbefriedigenden Wirkung einer Erddämpfung brachten dann Versuche im Dämpfer selbst. In einem Dämpfapparat vom Typ „LUTZ", Baujahr 1951, wurden an acht verschiedenen Stellen Maximumthermometer und bewachsene Gerstenähren eingebracht und 30, 45 und 60 Minuten lang vorschriftsmäßig gedämpft, wobei die Dämpf-

zeit von dem Augenblick an berechnet wurde, an dem das Außenthermometer 100 ° C anzeigte. Zu jedem Dämpfen kamen daher noch etwa 15 bis 30 Minuten Andämpfen hinzu. Die Versuche wurden in Cyclamenerde durchgeführt und brachten in beiden Versuchsreihen gleichsinnige Ergebnisse hinsichtlich der Temperaturverteilung (an Hand der erreichten Maximum-Temperaturen) und der entsprechenden Entseuchung an den acht Meßstellen (an Hand der Reisolierungen aus den gedämpften Ähren).

Tabelle 7

Temperaturverteilung und Entseuchung im Erddämpfer

Dämpfzeit in Minuten	Ähre Nr.	1. Versuch		II. Versuch	
		Maximum-Temperatur	Isolierung	Maximum-Temperatur	Isolierung
30	1	103° C	+	47° C	+
	2	103	+	67	+
	3	47	+	47	- -
	4	60	+	53	+
	5	104	+	102	- -
	6	104	+	103	- -
	7	103	- -	101	- -
	8	88	+	87	- -
45	1	103	+	62	+
	2	104	+	56	+
	3	47	+	47	+
	4	81	+	102	- -
	5	105	- -	106	- -
	6	104	- -	106	- -
	7	106	- -	106	- -
	8	104	- -	105	- -
60	1	106	- -	106	- -
	2	106	- -	103	- -
	3	103	+ !	106	- -
	4	104	- -	104	- -
	5	107	- -	105	- -
	6	105	- -	106	- -
	7	106	- -	106	- -
	8	103	- -	106	- -

+ = Wachstum - - = kein Wachstum

In beiden Versuchsreihen lagen also bei 30 und 45 Minuten Dämpfzeit an einigen Meßstellen die erreichten Temperaturen beträchtlich unter 100 ° C („tote Winkel"), ja an einer Stelle (3) war das Thermometer mit einer Gradeinteilung von 47 bis 110 ° C überhaupt nicht gestiegen, so daß dort wahrscheinlich die Temperaturen noch unter 47 ° C gelegen haben. Entsprechend waren die Ergebnisse der Reisolierungen. Erst bei 60 Min. Dämpfdauer waren die Temperaturen an allen Meßstellen auf über 100 ° C gestiegen, doch selbst dann war der Pilz im ersten Versuch aus der Ähre 3 noch zu isolieren.

So waren in den geschilderten Untersuchungen mit dem Einfluß der Feuchtigkeit und der unterschiedlichen Temperaturverteilung im Dämpfer

zwei wichtige Hinweise auf die Ursachen der unbefriedigenden Erfolge mit einer Erddämpfung gefunden. Beide Gesichtspunkte — ausreichende Feuchtigkeit und das bestimmten Dämpfsystemen eigene, teilweise anscheinend recht beträchtliche Temperaturgefälle — wurden aber in der Praxis zweifellos zu wenig berücksichtigt. Die Verhältnisse waren ja so, daß nach dem Kriege nur einige wenige Westberliner Gartenbaubetriebe über eine eigene Dämpfanlage verfügten, die anderen aber auf die einzige bestehende, betriebsfremde Lohndämpfkolonne angewiesen waren, die kaum mit der nötigen Sorgfalt gearbeitet haben dürfte. Die dabei üblichen Dämpfzeiten von 10 bis 15 Minuten waren ohne Zweifel zu kurz, zumal wenn im Winter kalte oder sogar gefrorene Erde gedämpft wurde. Hinzu kam noch, daß man sie häufig für die ganze Kulturzeit auf Vorrat dämpfte. Die dadurch bedingte lange und meist unsachgemäße Lagerung dieser Erde erhöhte aber in stark verseuchten Betrieben die Möglichkeit einer Wiederverseuchung bereits vor der Verwendung. Aus diesem Grunde sollte die Erde unmittelbar nach der Dämpfung, sobald sie genügend abgekühlt ist, verwendet werden. Entgegen der weitverbreiteten Ansicht, daß gedämpfte Erde vor dem Gebrauch erst eine Weile zur Anreicherung mit Mikroorganismen lagern müsse, kann dies bei Cyclamen bedenkenlos geschehen. Eigene Beobachtungen stimmen mit denen anderer Autoren (HERZOG, 1939; REINHOLD, 1949; LAUENSTEIN, 1953) dahingehend überein, daß eine Verwendung der Erde in frisch gedämpftem Zustand sich im allgemeinen eher vorteilhaft als nachteilig auswirkt.

2. Praktische Bekämpfungsversuche

Neben den geschilderten Vorversuchen wurden in den Jahren 1952 und 1953 im hiesigen Institut und in verseuchten Gärtnereien praktische Bekämpfungsversuche mit teilweise unterschiedlicher Versuchsanstellung durchgeführt.

a) Bekämpfungsversuche 1952

Im ersten Versuchsjahre stand die Frage der Eignung chemischer Mittel für eine laufende Anwendung, für die sich aus den Plattenversuchen orientierende Hinweise ergeben hatten, im Vordergrund. Die Untersuchungen erstreckten sich auf 25 der im Laboratorium geprüften Handelspräparate. Formaldehyd wurde nicht eingesetzt, da es ja auf Grund seiner bekannten phytotoxischen Wirkung eine laufende Anwendung nicht gestattet. Für jedes Mittel und die beiden Kontrollen (infiziert-unbehandelt und steril-unbehandelt) waren 200 Pflanzen, insgesamt 5400 der gleichen Sorte, steril angezogen worden.

Mit dem zweiten Pikieren wurden diese Pflanzen in künstlich verseuchte Erde — je Pikierkasten ein bewachsener Torfkolben — übernommen. Gleichzeitig setzte die Behandlung mit Fungiziden in fünf verschiedenen Konzentrationen bzw. Aufwandmengen ein, die während der Weiterkultur laufend fortgeführt wurde. Die Versuche, auf deren eingehende Darstellung in Anbetracht der unbefriedigenden Ergebnisse verzichtet wird, zeigten, daß nicht nur Cu-, S-haltige und organische Spritz- und Stäubemittel wirkungslos waren, sondern daß auch Chinosol, Brassisan und Brassicol, die für eine An-

wendung gegen Bodenpilze gedacht sind und sich in einigen Fällen wohl auch bewährt haben, nicht befriedigten. Die Ausfälle durch Welke waren hier ebenso hoch wie bei der infizierten, aber unbehandelten Kontrolle. Geringer waren sie dagegen bei Hg-haltigen Naß- und Trockenbeizen. Hier traten aber — wie erwartet — bei den wirksamen Konzentrationen bzw. Aufwandmengen häufig Pflanzenschäden oder zumindest Wachstumshemmungen auf, die je nach Entwicklungszustand der Pflanzen und Außenbedingungen unterschiedlich stark waren (Abb. 23).

So scheiden auch die Hg-haltigen Präparate auf Grund ihrer phytotoxischen Wirkung für eine laufende Bekämpfung während der Kultur aus.

Ein in einem stark verseuchten Gartenbaubetriebe durchgeführter Bekämpfungsversuch, bei dem acht Mittel — darunter Chinosol und Hg-haltige Naßbeizen — eingesetzt worden waren, verlief ebenfalls erfolglos. Eine zuverlässige Auswertung dieses Versuches wäre ohnehin nicht möglich gewesen, da die Versuchspflanzen vor Beginn der Bekämpfungsmaßnahmen mehrere Wochen in verseuchter Betriebserde gestanden hatten. Nach unseren heutigen Kenntnissen über die Häufigkeit von Infektionen im Jugendstadium muß angenommen werden, daß in dieser Zeit bereits zahlreiche Infektionen stattgefunden hatten. Das Ergebnis eines Versuches der Beratungsstelle für Gartenbau und Landwirtschaft, in dem in verseuchter Betriebserde angezogene und erst mit dem zweiten Pikieren in Einheitserde übernommene Pflanzen ähnlich hohe Ausfälle zeigten wie die in verseuchter Erde durchkultivierten, deutet ebenfalls darauf hin.

Abb. 23. Links: Hg-haltige Naßbeize, 0,1 %ig angewandt; rechts: unbehandelte Kontrolle

B e i z v e r s u c h e zur Bekämpfung der Cyclamenwelke wurden nicht durchgeführt. Eine Beizung (vgl. JAENICHEN und HEIMANN, 1953) erscheint nicht erforderlich, da eine Übertragung der Krankheit mit dem Samen kaum denkbar ist. Die oberirdischen Pflanzenteile welken ja, sobald das Welke-*Fusarium* in sie hineinwächst, so daß an welkekranken Pflanzen wohl kaum Samen ausreifen dürfte. Die Verschleppung in andere Betriebe geht vielmehr mit Pflanzen, Erde und Kulturgefäßen vor sich.

b) Bekämpfungsversuche 1953

Die Mißerfolge bei der laufenden Bekämpfung der Cyclamenwelke mit chemischen Mitteln in Form von Gießverfahren oder Beimischungen zur Erde

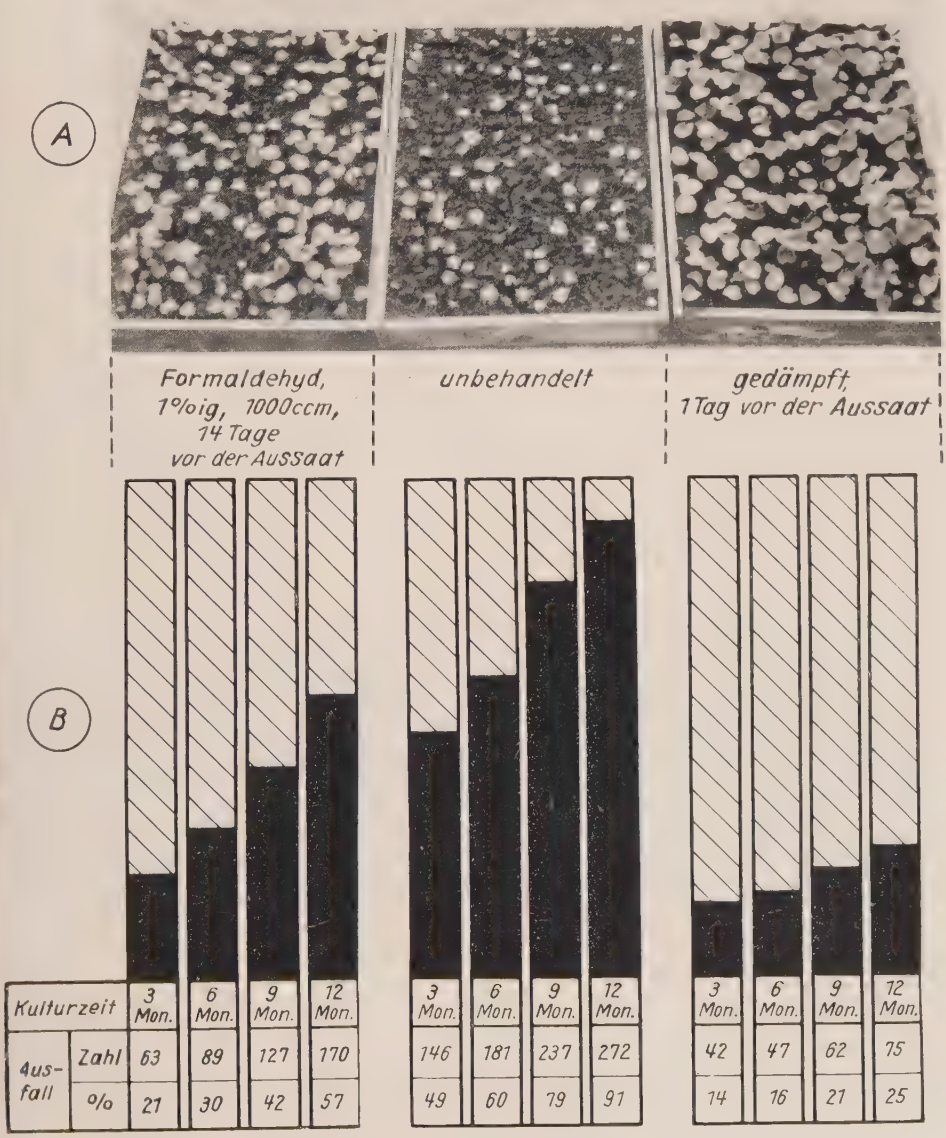
im ersten Versuchsjahre hatten erneut die ausschlaggebende Bedeutung der hygienischen Maßnahmen bestätigt. 1953 erstreckten sich daher die Untersuchungen in erster Linie auf die Eignung vorbeugender, physikalischer und chemischer Erdentseuchungsverfahren. Als Erdsubstrat für diese Versuche wurde neben Betriebserden aus stark verseuchten Gärtnereien ein besonders infektiöser „Welkekompost" verwendet. Er war im vergangenen Jahr aus den Abfällen und Topfballen welkekranker Pflanzen hergestellt und beim Umsetzen mit Torfkulturen und Sporenaufschwemmungen des Erregers zusätzlich verseucht worden.

Die Versuchsanstellung war so, daß Saatkästen mit „Welkekompost" dem jeweiligen Entseuchungsverfahren entsprechend behandelt und darin je 300 Korn Cyclamensamen einer Sorte ausgelegt wurden. Das stark infektiöse, bereits einmal gebrauchte Erdsubstrat und hohe Versuchstemperaturen führten schon im frühesten Entwicklungsstadium zu beträchtlichen Ausfällen, so daß bereits wenige Wochen nach dem Aufgang die Wirksamkeit der einzelnen Entseuchungsverfahren auf Grund der Zahl und des Entwicklungszustandes der Pflanzen zuverlässig beurteilt werden konnte. Daß dabei auch Ausfälle durch andere pilzliche oder bakterielle Krankheitserreger und starke Wachstumshemmungen (infolge „Erdmüdigkeit") auftraten, war nur von Vorteil, denn die „verschärften" Versuchsbedingungen ermöglichten einen besseren Einblick in die Wirkungsbreite der einzelnen Desinfektionsverfahren, als ihn der gleiche Versuch in normaler Betriebserde gestattet hätte. Die Unterschiede (vgl. Abb. 24, 25) traten daher besonders auffällig hervor. Diese Versuche wurden in Abständen von drei Monaten zweimal wiederholt (Oktober-, Januar- und April-Aussaat). In den ersten beiden Versuchsreihen waren neben der „Dämpfung"[1]) und Formaldehyd nochmals Hg-haltige Naß- und Trockenbeizen, Chinosol, Brassisan und Brassicol sowie einige andere organische Fungizide eingesetzt worden. Sie befriedigten ebensowenig wie im Vorjahre. Quecksilber-Beizen zeigten zwar im Vergleich zu der unbehandelten Kontrolle eine gewisse Wirkung, standen jedoch deutlich hinter der Dämpfung und der Entseuchung mit Formaldehyd zurück. Sie wurden daher mit den anderen unwirksamen Präparaten beim ersten Pikieren abbonitiert. Durchkultiviert wurden lediglich aus der ersten Versuchsreihe: gedämpft, Formaldehyd und die unbehandelte Kontrolle.

Bereits im Saatkasten war die ausgezeichnete Wirkung der Erddämpfung und die schwächere der Formaldehydentseuchung zu erkennen. In gedämpfter Erde waren praktisch keine Ausfälle und keine Erscheinungen der „Erdmüdigkeit" zu beobachten. Der Prozentsatz gekeimter Samen war hoch, die Pflanzen entwickelten sich sehr gleichmäßig und hatten beim Pikieren schöne weiße Wurzeln und kräftige Ballen. Der Aufgang in mit Formaldehyd entseuchter Erde war ebenso wie die Weiterentwicklung schlechter. Vereinzelt kamen bereits im Saatkasten welkekranke Pflanzen oder zumindest Wurzelverbräunungen vor. Gegenüber der unbehandelten Kontrolle war aber

[1]) Die „Dämpfung" der Erde war im hiesigen Institut in einem Erdsterilisator bei 2 atü und einer „Dämpfzeit" von 60 Minuten vorgenommen worden.

zweifellos ein beträchtlicher Vorteil zu beobachten, denn bei diesen waren während des Auflaufens bereits hohe Ausfälle und außerordentlich starke Wachstumshemmungen aufgetreten. Nur wenige Pflanzen hatten gesunde Wurzeln und waren pikierfähig. Diese Unterschiede in der Höhe der Ausfälle und dem Entwicklungszustand der Pflanzen (Abb. 24 A) wurden im



Kulturzeit		3 Mon.	6 Mon.	9 Mon.	12 Mon.	3 Mon.	6 Mon.	9 Mon.	12 Mon.	3 Mon.	6 Mon.	9 Mon.	12 Mon.
Ausfall	Zahl	63	89	127	170	146	181	237	272	42	47	62	75
	%	21	30	42	57	49	60	79	91	14	16	21	25

Abb. 24. Die Wirkung verschiedener Erdentseuchungsverfahren (1. Versuchsreihe in „Welkekompost"). A. Zehn Wochen nach der Aussaat (je Kasten 300 Korn derselben Sorte ausgelegt); B. Ausfälle im Verlauf einer einjährigen Kulturzeit

Verlauf der Weiterkultur bis zum Abbruch des Versuches am 1. Oktober (zwölf Monate Kulturzeit) immer deutlicher (Abb. 24 B).

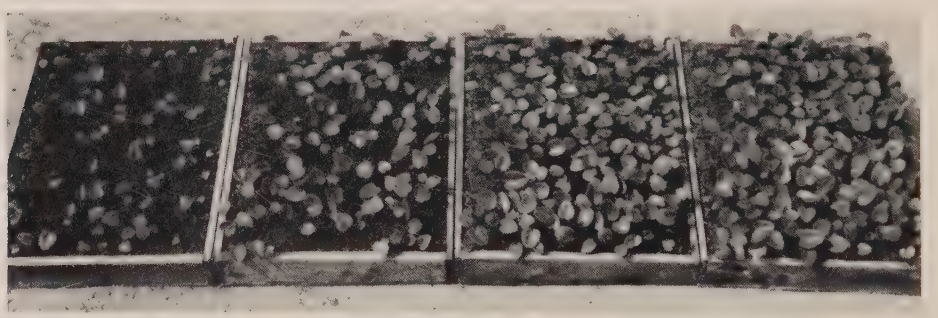
In einjähriger Kulturzeit waren demnach von 300 ausgesäten Körnern in gedämpfter Erde 225 (= 75 %) verkaufsfertige Pflanzen in 11- und 12-cm-Töpfen angezogen worden. In mit Formaldehyd entseuchter Erde waren 130 (= 43 %) Pflanzen gesund geblieben, die jedoch vorwiegend in 10-cm- oder Fenstertöpfen standen, während in dem unbehandelten Welkekompost bis auf 28 (= 9 %) Pflanzen in 8-cm-Töpfen alle erkrankten.

Ähnlich wären zweifellos die Ergebnisse in der zweiten Versuchsreihe — nach dem Bild in den Saatkästen zu urteilen — ausgefallen. Aus Platzmangel mußte jedoch dieser Versuch nach drei Monaten abgebrochen werden.

In die dritte Versuchsreihe konnte auch Larvacide (Chlorpikrin), das leider erst zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung stand, einbezogen werden.

Chlorpikrin hat in den letzten Jahren ohne Zweifel außerordentlich an Bedeutung gewonnen und spielt heute in einigen Ländern, vor allem in den USA, auf Grund seiner Wirkungsbreite (insektizid, nematozid, fungizid und herbizid) unter den chemischen Erdentseuchungsverfahren bereits eine wichtige Rolle. Über seine Eignung zur Bekämpfung von Fusariosen an Nelken (BICKERTON, 1942), Sommerastern (MCCLELLAN und CHRISTIE und HORN, 1949), Gladiolen (MCCULLOCH, 1944), Erbsen (REINKING und NEWHALL, 1950), Gurken (KOOT, 1943), Spinat (CANNON, 1944), Rüben (LYNES, 1942) und anderen Kulturpflanzen liegen übereinstimmend gute Erfahrungen aus dem Ausland vor. Verschiedentlich wird darüber hinaus auf seine stimulierende Wirkung hingewiesen. Auch die von HAHMANN und MÜLLER (1953) u. a. mit Cyclamen und Gloxinien durchgeführten Versuche in Hamburger Erwerbsgärtnereien brachten gute Erfolge.

Die Entseuchung der Erde mit Larvacide wurde in dem vorliegenden Versuch mit einer Aufwandmenge von 300 ccm/cbm in einer luftdicht abgeschlossenen Begasungskiste



Kulturzeit in Wochen	Unbehandelt		Formaldehyd		Gedämpft		Larvacide	
	Ausfall		Ausfall		Ausfall		Ausfall	
	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%
9	202	67	144	48	75	25	61	20
18	223	74	168	56	79	26	63	21
26	242	81	195	65	84	28	67	22

Abb. 25. Die Wirkung verschiedener Erdentseuchungsverfahren (3. Versuchsreihe in „Welkekompost"). A. Neun Wochen nach der Aussaat (je Kasten 300 Korn derselben Sorte ausgelegt); B. Ausfälle im Verlauf einer Kulturzeit von sechs Monaten

vorgenommen. Nach einer Einwirkungszeit von 48 Stunden bei einer Temperatur von 12—15 ° C ist dann die Erde durch mehrmaliges Umschaufeln gut durchlüftet und 14 Tage später zur Aussaat verwendet worden.

Wie die Abb. 25 zeigt, entsprach in dieser Versuchsreihe die Wirkung von Larvacide durchaus der einer Erddämpfung. Ausfälle durch den Welkeerreger oder andere Pilze traten in der Saatkiste nicht auf. Unkraut war nicht zu beobachten. Die Entwicklung der aufgelaufenen Pflanzen war zumindest ebenso gut wie die der Sämlinge in gedämpfter Erde. Während der sechsmonatigen Kulturzeit bis zum Abbruch des Versuches (1. Oktober) änderte sich das Bild nicht wesentlich.

Obwohl Chlorpikrin nur in dieser einen Versuchsreihe eingesetzt war und eine endgültige Beurteilung deshalb noch nicht möglich ist, erscheinen doch auf Grund der vorliegenden Ergebnisse die Bestrebungen, es auch in Deutschland einzuführen (Hähne, 1952, 1953), als durchaus berechtigt.

Die Bekämpfungsversuche in zwei sehr stark verseuchten Erwerbsgärtnereien brachten 1953 eine Bestätigung der in den bereits geschilderten Versuchen gesammelten Erfahrungen. Von den nochmals eingesetzten und laufend angewandten Fungiziden brachten lediglich Hg-haltige Naß- und Trockenbeizen geringere Ausfälle, führten aber in einigen Fällen wiederum zu Pflanzenschäden. Bei einer Kultur in gedämpfter Erde waren dagegen die Verluste durch die Cyclamenwelke von 78 % bzw. 73 % auf 12 % bzw. 17 % zurückgegangen. Die Pflanzenzahl betrug dabei je „Parzelle" 800. Eine sorgfältigere Durchführung der weiteren hygienischen Maßnahmen — Entseuchung der Kulturräume, Verwendung neuer Pikierkisten und Töpfe, Bedecken der verseuchten Kastenerde mit Torfmull (diese Maßnahme hat sich recht gut bewährt), häufigeres Durchsehen der Bestände und sofortige Vernichtung befallener Pflanzen —, als es bei diesen Versuchen der Fall war, hätte ohne Zweifel die Ausfälle weiter herabgesetzt. Dies bestätigten Parallelversuche in der unbehandelten und in der gedämpften Betriebserde der beiden Gärtnereien unter Einhaltung aller Vorbeugungsmaßnahmen. Sie wurden mit je 200 Pflanzen in der Institutsgärtnerei durchgeführt. Hier lagen die Verluste in der gedämpften Erde bei 7 bis 9 % gegenüber 80 bis 85 % in der verseuchten Betriebserde.

Die vom Institut für Blumen- und Zierpflanzenbau in verseuchten Gärtnereien angelegten, ähnlich ausgerichteten Versuche zeigten gleichsinnige Ergebnisse (Böhnert, 1953).

Auf rein hygienische Maßnahmen beschränkten sich auch die von der Beratungsstelle für Gartenbau und Landwirtschaft in Berlin unternommenen Bekämpfungsversuche. Sie wurden ausnahmslos in Einheitserde durchgeführt. An Stelle einer Entseuchung der betriebseigenen Erde trat hier eine Erderneuerung. Wenn auch entgegen den Erfahrungen einiger Betriebe in der Bundesrepublik (Schneider und Maatsch, 1950) die Kulturerfolge mit Einheitserde bisher in Berliner Gartenbaubetrieben nicht voll befriedigten, so hat sich doch dieses vom Erreger der Cyclamenwelke freie Erdsubstrat im Hinblick auf die Welkekrankheit sehr gut bewährt (Grossmann, 1952). Die gün-

stigen Ergebnisse schon im ersten Versuchsjahr (1952) führten dazu, daß sich bereits 1953 zahlreiche stark verseuchte Betriebe vollkommen auf Einheitserde umstellten und in diesem Jahr teilweise nur Ausfälle von etwa 10 % zu verzeichnen hatten.

So wurden von drei verschiedenen Stellen — unabhängig voneinander — in verseuchten Gärtnereien Versuche durchgeführt, die zeigten, daß allein mit hygienischen Maßnahmen, deren wichtigste die Ausschaltung der verseuchten Erde als entscheidende Infektionsquelle ist (Einheitserde oder sorgfältige Erddämpfung), der Cyclamenwelke wirksam begegnet werden kann. Ja, gerade die Welkekrankheit der Alpenveilchen dürfte einmal mit besonderer Eindringlichkeit den Gärtnern die Bedeutung der Hygiene im gärtnerischen Betriebe vor Augen geführt haben. Bei der außerordentlich starken Verseuchung zahlreicher Gärtnereien wird in diesen zwar eine völlig befallsfreie Cyclamenkultur in den nächsten Jahren kaum möglich sein, allmählich aber doch eine Sanierung eintreten, wenn in der Kette der hygienischen Maßnahmen kein Glied ausgelassen wird. Der Erfolg hängt einzig und allein von der Sorgfalt ab, mit der diese durchgeführt werden.

Ausschlaggebend dafür, welcher Weg — ob Erderneuerung durch Einheitserde oder Dämpfung der Betriebserde — von einer Gärtnerei eingeschlagen wird, sind betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte. Die Kosten für die Dämpfung eines cbm Erde dürften je nach Dämpfsystem zwischen 5,— und 10,— DM liegen. Die gleiche Menge Einheitserde kostet in Berlin 40,— DM. Beide Zahlen mögen hoch erscheinen. Vergegenwärtigt man sich jedoch, daß mit einem cbm Erde durchschnittlich 500 Alpenveilchen kultiviert werden können, so würde die Erddämpfung den Topf mit etwa 1 bis 2 Pfennigen, der Ankauf von Einheitserde mit 8 Pfennigen belasten. Das ist weniger, als die Kosten für den Endtopf betragen. Beide Verfahren dürften daher im Hinblick auf die hohen Verluste der vergangenen Jahre durch die Welkekrankheit durchaus tragbar sein. Daß im Augenblick viele Betriebe der Einheitserde den Vorzug geben, liegt daran, daß diese ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand jederzeit verfügbar ist, andererseits aber viele Gärtner die einmaligen, relativ hohen Anschaffungskosten für einen eigenen Dämpfapparat scheuen. Eine Dämpfung stößt daher infolge Fehlens ausreichender Apparaturen noch auf Schwierigkeiten. Der Aufbau einer neuen, mit Hochdruckdampf arbeitenden Dämpfkolonne in Berlin ist zwar ein erfreulicher Fortschritt, stellt aber durchaus noch keine befriedigende Lösung dar. Auf die Dauer gesehen dürfte wohl für viele Betriebe — zumindest für die größeren — eine betriebseigene Dämpfanlage vom wirtschaftlichen Standpunkt aus das Gegebene sein, zumal dann auch für andere Kulturen ständig entseuchte Erde zur Verfügung stehen würde.

Bei Larvacide betragen nach HÄHNE (1953) die Kosten einer Erdentseuchung je cbm 10,— bis 12,— DM. Das Verfahren dürfte damit kaum billiger als eine Erddämpfung sein. Inwieweit es sich in der Praxis durchsetzen wird, muß die Zukunft zeigen, denn im Augenblick stehen dem Einsatz im gärtnerischen Betriebe noch einige Schwierigkeiten im Wege.

E. Untersuchungen über die Resistenzverhältnisse

Eine andere Möglichkeit, der Welkekrankheit auf die Dauer wirksam zu begegnen, wäre in der Züchtung *Fusarium*-resistenter Alpenveilchen zu sehen. Gegen Fusariosen an anderen Kulturpflanzen, wie z. B. Sommeraster, Melone und Kohl, hat man ja — vor allem in den USA — auf diesem Wege recht gute Erfolge erzielt. Voraussetzung für den Aufbau einer solchen Züchtung ist aber das Vorhandensein widerstandsfähiger Formen. In Anbetracht der Tatsache, daß Wuttke (1943) und später auch aus einem anderen Material Richter (1953) bei Lupinen innerhalb kurzer Zeit welkeresistente Typen gefunden hatten, ist es verständlich, wenn sich das Augenmerk des Letztgenannten nach Wiederaufnahme der Untersuchungen über die Welkekrankheit der Cyclamen 1946 besonders auf die Resistenzverhältnisse richtete, zumal aus der Praxis Hinweise über angeblich beobachtete Sortenunterschiede in der Anfälligkeit vorlagen. Bereits 1947 wurden neben Kultursorten von *Cyclamen persicum* auch seine Primitivformen und solche von *C. neapolitanum*, wenn auch nur in beschränktem Umfang, in die Resistenzuntersuchungen einbezogen. Als Methode für Masseninfektionen hat sich dabei das Tauchverfahren (vgl. S. 147) wegen seiner einfachen Handhabung am besten bewährt. In den Folgejahren waren so bis 1951 insgesamt etwa

5000 Pflanzen von Kultursorten,
150 Pflanzen von *Persicum*-Primitivformen,
50 Pflanzen von *Neapolitanum*-Primitivformen

auf ihre Resistenz untersucht worden, mit dem Ergebnis, daß aus dem Formenkreis von *C. persicum* nicht eine einzige Pflanze die mehrmaligen Infektionen überstand, während bei *C. neapolitanum* niemals mit Sicherheit *Fusarium*-Befall nachzuweisen war. Trotz der nach diesen Ergebnissen recht geringen Aussichten, unter den Kulturcyclamen widerstandsfähige Typen zu finden, wurden die Untersuchungen 1952/53 fortgeführt. Das von Richter geprüfte Material bestand ja nur aus wenigen Sorten von vier Züchtern und verkörperte somit nur einen kleinen Ausschnitt aus der Formenvielfalt der Alpenveilchen. Die Aussichten, resistente Pflanzen zu finden, mußten aber um so größer erscheinen, je vielfältiger in der Herkunft und in der genetischen Zusammensetzung das Pflanzenmaterial war. Dieser Gesichtspunkt wurde 1952 berücksichtigt, denn die etwa 10 000 geprüften Pflanzen stellten mit 310 Kulturnummern aus 26 Zuchtbetrieben Deutschlands und Österreichs eine ziemlich umfangreiche Sammlung der Kulturformen dar. Unter ihnen befanden sich auch zahlreiche diploide Zuchtstämme des Institutes für Vererbungs- und Züchtungsforschung in Berlin-Dahlem. Ebenso wurde der Bestand an Primitivformen von *C. persicum* und anderen Cyclamenspezies erweitert[1]). Trotzdem war auch 1952 und 1953 die Suche nach Resistenz im

[1]) Für die großzügige Überlassung von Saatgut und Knollenmaterial darf ich an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. Kappert, den Herren Oberinspektoren Jelitto (Botan. Garten, Berlin-Dahlem) und Jacobsen (Botan. Garten, Kiel) sowie allen beteiligten Züchtern Dank sagen.

Formenkreis des *C. persicum* erfolglos. Alle *Persicum*-Typen (Kultursorten wie Wildformen) haben sich als ausnahmslos anfällig erwiesen.

Die Infektionsversuche an Pflanzen anderer *Cyclamen*- und einiger gärtnerisch kultivierten *Primula*-Arten verliefen dagegen negativ. Eine Übersicht über die Resistenzverhältnisse bei Vertretern dieser beiden Gattungen wird in Tabelle 8 gegeben.

Tabelle 8

Die Resistenzverhältnisse bei einigen Arten der Gattungen *Cyclamen* und *Primula*

Pflanzenart[1])	Geprüfte Pflanzen	Resistenzverhalten
Cyclamen persicum MILL.		
Kulturformen	15 000	ausnahmslos anfällig
Primitivformen	400	ausnahmslos anfällig
C. africanum BOISS. et REUT.	130	ausnahmslos widerstandsfähig
C. neapolitanum TEN.	50	ausnahmslos widerstandsfähig
C. hederifolium AIT.	10	ausnahmslos widerstandsfähig
C. europaeum L.	10	ausnahmslos widerstandsfähig
Primula obconica HANCE	20	ausnahmslos widerstandsfähig
P. malacoides FRANCH.	20	ausnahmslos widerstandsfähig
P. sinensis LINDL.	20	ausnahmslos widerstandsfähig
P. kewensis W. WATS.	10	ausnahmslos widerstandsfähig
P. floribunda WALL.	10	ausnahmslos widerstandsfähig
P. verticillata FORSK.	10	ausnahmslos widerstandsfähig

[1]) Die Bestimmung der *Cyclamen*-Arten wurde nach der Systematik von GLASAU (1939) durchgeführt.

Die Ergebnisse der Resistenzuntersuchungen führen somit zu dem Schluß, daß der Erreger der Cyclamenwelke anscheinend streng auf *Cyclamen persicum* spezialisiert ist; sie zeigen außerdem, daß es bisher nicht gelungen ist, aus dieser Art widerstandsfähige Pflanzen auszulesen. Es bietet sich daher im Augenblick keine Möglichkeit, mit *Persicum*-Formen eine Resistenzzüchtung aufzubauen. Aber selbst dann, wenn man auf widerstandsfähige Pflanzen anderer Cyclamenarten zurückgreifen und den wahrscheinlich sehr langwierigen Weg bis zu resistenten Kulturformen nicht scheuen wollte, scheitert dieser Versuch vorläufig an den Schwierigkeiten einer Einkreuzung. Die unterschiedlichen chromosomalen Verhältnisse (Tabelle 9) haben bisher anscheinend

Tabelle 9

Chromosomensätze einiger *Cyclamen*-Wildarten

Cyclamen-Species	GLASAU (1939) 2 n	WELLENSIEK, DOORENBOS und DE HAAN (1950) 2 n
C. persicum MILL.	48	48
C. europaeum L.	34	34
C. africanum BOISS. et REUT.	72	
C. neapolitanum TEN.	36	34
C. hederifolium AIT.	24	

keine Artkreuzungen bei Cyclamen gestattet. Der einzige in der Literatur als *C. Atkinsii* Moore beschriebene angebliche Artbastard (*C. coum* × *C. persicum*) wird von Kappert (1941) als fraglich angesehen. Wenn er tatsächlich aus einer gelungenen Kreuzung der genannten Arten hervorgegangen sein sollte, scheint er zumindest ohne Nachzucht geblieben zu sein (vgl. Glasau, 1939).

Zusammenfassung

1. Seit etwa 1930 tritt in Berliner Erwerbsgärtnereien eine *Fusarium*-Welke an *Cyclamen persicum* auf. Sie hat nach 1945 in zunehmendem Maße zu außerordentlich hohen Ausfällen geführt, so daß in zahlreichen Betrieben eine wirtschaftliche Kultur der Alpenveilchen nicht mehr möglich war. Einige Betriebe waren gezwungen, die Cyclamenkultur aufzugeben. Der durch die Welkekrankheit dem Westberliner Erwerbsgartenbau zugefügte Schaden ist für die schwersten Befallsjahre mit mindestens 200 000 DM jährlich zu veranschlagen.

Im Sommer 1953 ist in der Pfalz ein weiterer Befallsherd aufgedeckt worden, über dessen Entstehung und Ausdehnung sich jedoch noch kein klares Bild ergibt.

Zuverlässige Hinweise über ein Auftreten der Krankheit außerhalb Deutschlands liegen bis heute nicht vor.

2. Untersuchungen über den Erreger sind an 19 verschiedenen Einsporstämmen und zahlreichen Reisolierungen durchgeführt worden. Die Isolierung des Welkepilzes gelingt aus verbräunten Gefäßen der Knollen ohne Schwierigkeiten.

Alle Stämme variieren in taxonomisch wichtigen morphologischen Merkmalen sehr stark. Verschiedene Erscheinungsformen eines jeden Stammes („Naturtyp", „Hochkultur" und „Nicht-Hochkultur") sind durch charakteristische Merkmale gekennzeichnet. Im Zustand der „Hochkultur" sind die Herkünfte nicht voneinander zu unterscheiden.

Auf Grund der morphologischen Verhältnisse ist der Cyclamenwelkeerreger mit Sicherheit nur der Grundart *Fusarium oxysporum* Schl. zuzuordnen. Er ist wegen seiner biologischen Spezialisierung als eine „forma specialis" derselben aufzufassen und als *F. oxysporum* Schl. f. *cyclaminis* n. f. zu bezeichnen. Die Schwierigkeiten bei der Bestimmung von *Fusarien* werden erörtert, Rückschlüsse auf die taxonomischen Verhältnisse in der Sektion *Elegans* gezogen und die Systeme von Wollenweber und von Snyder und Hansen diskutiert.

Auch physiologisch verhalten sich die untersuchten Pilzstämme einheitlich. Der Temperaturbereich für das Wachstum des Welkeerregers liegt zwischen 6 ° und 35 ° C. Als Optimum sind 28 ° C ermittelt worden. Der durch-

schnittliche tägliche lineare Myzelzuwachs beträgt bei optimaler Temperatur auf Würzeagar 14 bis 15 mm.

Die optimale H-Ionenkonzentration liegt auf ungepufferten Würzeagarnährböden zwischen pH 6,6 und pH 8,5. Im sauren Bereich wächst der Pilz dicht unterhalb pH 2 nicht mehr. Im alkalischen Bereich ist bei pH 11,2 der Grenzwert noch nicht erreicht.

Alle Stämme sind bei geeigneten Infektionsbedingungen stark pathogen. Zwischen dem Kulturzustand eines Stammes und seiner Virulenz bestehen keine Beziehungen. Für Virulenzprüfungen ist die Infektionsmethode mit Torfkulturen dem Tauchverfahren vorzuziehen.

3. Das Auftreten der Welkekrankheit zeigt eine klare Abhängigkeit von der Temperatur. Alle Entwicklungsstadien des Alpenveilchens können befallen werden.

Die Infektion geht fast ausnahmslos von der verseuchten Erde aus. Für die *Fusarium*-Welke typische Symptome treten an den Wurzeln, in der Knolle und an oberirdischen Pflanzenteilen auf. Die häufig zu beobachtenden Sporenlager des Pilzes an abgewelkten Blättern sind als die entscheidenden Seuchenherde im gärtnerischen Betrieb anzusehen.

Mikroskopisch ist das *Fusarium* in allen verbräunten Pflanzenteilen leicht nachzuweisen. Es wächst bevorzugt intrazellular, doch ist gelegentlich auch interzellulares Wachstum zu beobachten. Die Verbräunung der Gewebe geht zeitlich mit dem Vordringen des Pilzes etwa Hand in Hand.

4. Eine Übertragung der Krankheit mit dem Samen ist unwahrscheinlich. Die Verschleppung in andere Betriebe erfolgt vielmehr durch Erde, Pflanzen und Kulturgefäße.

5. Die Wirkung handelsüblicher Fungizide auf das Welke-*Fusarium* ist in Wachstumsversuchen auf Würzeagarplatten untersucht worden. In praktischen Bekämpfungsversuchen hat keines der geprüften Pilzgifte bei einer laufenden Anwendung während der Kultur befriedigt. Hg-haltige Beizmittel zeigen zwar eine gewisse Wirkung, führen aber in den wirksamen Konzentrationen bzw. Aufwandmengen häufig zu Wachstumshemmungen oder Pflanzenschäden.

6. Gegenüber einer zeitlich begrenzten Behandlung mit höheren Temperaturen ist der Pilz in allen Entwicklungsstadien nicht widerstandsfähiger als andere Pilze. Entscheidend beeinflußt wird die Wirkung einer Temperaturbehandlung durch die Feuchtigkeit.

7. Mißerfolge in der Praxis mit gedämpfter Erde werden auf das bestimmten Dämpfsystemen eigene, anscheinend recht beträchtliche Temperaturgefälle, auf zu kurze Dämpfzeiten und auf die lange und meist unsachgemäße Lagerung der gedämpften Erde in verseuchten Betrieben zurückgeführt.

8. Nach Bekämpfungsversuchen in stark verseuchten Gärtnereien sind hygienische Maßnahmen wie Erderneuerung oder -entseuchung, Kultur in entseuchten Gefäßen und Räumen sowie die Ausmerzung befallener Pflanzen aus einem Bestand bei den ersten Welkeanzeichen gegen die Cyclamenwelke durchaus wirksam, wenn sie mit der nötigen Sorgfalt durchgeführt werden.

Die Ausfälle sind von 70 bis 85 % bei Kultur in verseuchter Betriebserde auf 7 bis 17 % bei Verwendung gedämpfter Betriebserde eingeschränkt worden.

Chlorpikrin, das erst in einer Versuchsreihe geprüft werden konnte, ist in seiner Wirkung der Erddämpfung durchaus ebenbürtig.

Formaldehyd befriedigt nicht restlos.

9. Auf Grund von Versuchen der Beratungsstelle für Gartenbau und Landwirtschaft Berlin erscheint die Kultur in Einheitserde (Erderneuerung) zur Verhütung der Cyclamenwelke geeignet. Zahlreiche Gärtnereien sind bereits mit gutem Erfolg zu diesem Verfahren übergegangen. Von betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten aus dürfte aber auf die Dauer zumindest für größere Betriebe eine betriebseigene Dämpfanlage am vorteilhaftesten sein.

10. Der Erreger der Cyclamenwelke ist offenbar streng auf den Formenkreis von *Cyclamen persicum* Mill. spezialisiert, da Infektionsversuche an einigen anderen Arten der Gattungen *Cyclamen* und *Primula* erfolglos verliefen. Weder unter 15 000 auf ihre Resistenz geprüften Pflanzen von Kultursorten noch unter 400 Pflanzen von Primitivformen des *Cyclamen persicum* sind bisher widerstandsfähige Typen gefunden worden.

Literaturverzeichnis

1. Baker, K. F.: Briefliche Mitteilung, Los Angeles, 1953.
2. — —, Dimock, A. W. and Davis, L. H.: *Ramularia cyclaminico* Trel., the cause of cyclamen stunt disease. Phytopathology **40**, 1950, 1027—1034.
3. Beaumont, A.: Cyclamen diseases. Gdnrs'. Chron. **133**, 1953, No. 3468, 240.
4. — —: Briefliche Mitteilung, Leeds (Engld.), 1953.
5. Beuster, J.: Bekämpfungserfolg bei der Cyclamenknollenbräune. Zbl. dtsch. Erwerbsgartenbau **3**, 1951, No. 50, 5.
6.* Bickerton, J. M.: *Fusarium* wilt of Carnations caused by *Fusarium dianthi* Prill. et Del. Bull. Cornell agric. Exp. Sta. **788**, 1942 (Ref.: Rev. appl. Myc. **22**, 1943, 387—388).
7. Blumer, S.: Briefliche Mitteilung, Wädenswil (Schweiz), 1952.
8. Böhnert, E.: Feind Nr. 1, die Cyclamenwelke. Süddeutscher Erwerbsgärtner **5**, 1951, No. 49, 491—492.
9. — —: Mündliche Mitteilung, Berlin-Dahlem, 1953.
10. Bosch, E.: Die Cyclamenwelke, eine für die Schweiz neue Krankheit. Schweiz. Gärtnerztg. **54**, 1951, No. 26.
11.* Cannon, O. S.: *Fusarium* wilt of Spinach. Abstr. Thes. Cornell Univ. 1944, 327—329 (Ref.: Rev. appl. Myc. **26**, 1947, 326).

12. Mc CLELLAN, W. D., CHRISTIE, J. R. and HORN, N. L.: Efficacy of soil fumigants as affected by soil temperature and moisture. Phytopathology **39**, 1949, 272—283.

13. Mc CULLOCH, LUCIA: A vascular disease of *Gladiolus* caused by *Fusarium*. Phytopathology **34**, 1944, 263—287.

14. GÄUMANN, E.: Pflanzliche Infektionslehre. Verl. Birkenhäuser, Basel, 2. umgearb. Auflage, 1951, 271.

15. GLASAU, F.: Monographie der Gattung *Cyclamen* auf morphologisch-cytologischer Grundlage. Planta **30**, 1939, 507—551.

16. GROSSMANN, P.: Berliner Erfahrungen mit Einheitserde. Zbl. dtsch. Erwerbsgartenbau **4**, 1952, No. 38, 3.

17. — —: Kann man die Cyclamenwelke bekämpfen? Mitteilungsblatt Landesverband Gartenbau u. Landwirtschaft Berlin e. V. **2**, 1952, No. 24.

18. HÄHNE, H.: Neue Wege in der Bodenentseuchung. Gartenwelt **52**, 1952, 200.

19. — —: Nochmals: Ein neues Mittel zur Bodenentseuchung. Zbl. dtsch. Erwerbsgartenbau **5**, 1953, No. 27, 6.

20. HAENSELER, C. M.: Briefliche Mitteilung, New Brunswick (N. J., USA), 1953.

21. HAHMANN, K. und MÜLLER, H. W. K.: Ein neues Mittel zur Bodenentseuchung. Zbl. dtsch. Erwerbsgartenbau **5**, 1953, No. 24, 3.

22. HANSEN, H. N. and SMITH, R. E.: The mechanism of variation in imperfect fungi: *Botrytis cinerea*. Phytopathology **22**, 1932, 953—964.

23. HARTER, L. L.: Influence of light on the length of the conidia in certain species of *Fusarium*. Amer. J. Bot. **26**, 1939, 234—243.

24.* — —: The personal element and light as factors in the study of the genus *Fusarium*. J. agric. Res. **62**, 1941, 97—107 (Ref.: Rev. appl. Myc. **20**, 1941, 597—598).

25. HERZOG, G.: Über den Einfluß der Dämpfung auf die biologischen und chemischen Eigenschaften der Gartenerden. Bodenkunde **12**, 1939, H. 5/6.

26. JACQUES, J. E.: Cyclamen stunt. Can. Pl. Dis. Surv. Ann. Rept. **21**, 1942, 90 (zitiert nach BAKER u. a. 2).

27. — —: La dissémination d'un *Cladosporium*, cause du nanisme des cyclamens. Compt. Rend. Soc. biol. Montréal: Rev. can. Biol. **1**, 1942, 685—686 (zitiert nach BAKER u. a. 2).

28. JAENICHEN, H. und HEIMANN, M.: Beizung von Cyclamensamen. Gartenwelt **53**, 1953, 8—9.

29. KAPPERT, H.: Die Bedeutung der Polyploidie in der Cyclamenzüchtung. Züchter **13**, 1941, 106—114.

30.* KOOT, Y. VAN: Enkele onderzoekingen betreffende de *Fusarium*-ziekte bij de komkommer. Tijdschr. over Plantenziekt. **49**, 1943, 52—72 (Ref.: Zbl. Bakt. II. Abt. **106**, 1944, 232).

31. LAUENSTEIN, A.: Untersuchungen über die Verwendbarkeit frisch gedämpfter Erde im Gemüsebau. Arch. f. Gartenbau **1**, 1953, H. 1/2, 20—62.

32. LEONIAN, L. H.: Studies on the variability and dissociation in the genus *Fusarium*. Phytopathology **19**, 1929, 753—868.

33.* LYNES, F. F.: The use of chloropicrin for Beet-seed warehouse fumigation and other purposes. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Technol., 1942, 413—421, 1943 (Ref.: Rev. appl. Myc. **24**, 1945, 172).

34. MAAG, R. A.-G.: Briefliche Mitt., Dielsdorf-Zürich, 1952.

35. MASSEY, L. M. and TILFORD, P. E.: Cyclamen stunt. (Abstr.) Phytopathology **22**, 1932, 19.

36.* MILLER, J. J.: Studies on the *Fusarium* of muskmelon wilt. I. Pathogenic and cultural studies with particular reference to the cause and nature of variation in the causal organism. Canad. J. Res., Sect. C, **23**, 1945, 16—43 (Ref.: Rev. appl. Myc. **24**, 1945, 351—352).

37. Miller, J. J.: Cultural and taxonomic studies on certain *Fusaria*. I. Mutation in culture. II. The taxonomic problem in *Fusarium* with particular reference to section *Elegans*. Canad. J. Res., Sect. C, **24**, 1946, 188—223.

38. Miller, P. R.: Briefliche Mitteilung, Beltsville (Maryland, USA), 1953.

39. Möhring, H. K.: Läßt sich eine Entwicklungsrichtung im Anbau von Blumen und Zierpflanzen feststellen? Dtsch. Gartenbauwirtsch. **1**, 1953, H. 11, 193—197.

40. Oswald, J. W.: Cultural variation, taxonomy and pathogenicity of *Fusarium* species associated with cereal foot rots. Phytopathology **39**, 1949, 359—376.

41.* Padwick, G. W.: The genus *Fusarium* III. A critical study of the fungus causing wilt of Gram (*Cicer arietinum* L.) and of the related species in the subsection *Orthocera*, with special relation to the variability of key characteristics. Indian J. agric. Sci. **10**, 1940, 241—284 (Ref.: Rev. appl. Myc. **20**, 1941, 82—83).

42.* — —: The genus *Fusarium*. A recent attempt at mass revision. Indian J. agric. Sci. **11**, 1941, 663—674 (Ref.: Rev. appl. Myc. **21**, 1942, 428).

43. Pape, H.: Die Praxis der Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen der Zierpflanzen. Verl. Paul Parey, Berlin, 3. Auflage, 1939, 223.

44. Reinhold, J.: Über den günstigsten Zeitpunkt der Dämpfung von Komposten. Z. f. Pflanzenernährung u. Bdkde. **47**, 1949, H. 1/3, 89.

45. Reinking, O. A. and Newhall, A. G.: A soil fugimation test for Pea root rot control. Phytopathology **40**, 1950, 879—882.

46. Richter, H.: Lupinenfusariosen. Mitt. BZA Nr. 64, 1941, 50—61.

47. — —: Warum mißraten unsere Cyclamen? Mitteilungsblatt d. Landesverb. Gartenb. u. Landwirtsch. Berlin e. V. **1**, 1951, No. 7, 55—56.

48. — —: Wie steht es um die Cyclamenwelke? Gartenwelt **51**, 1951, Nr. 14, 224—225.

49. — —: Mündliche Mitteilung, Berlin-Dahlem, 1953.

50. — — und Schneider, R.: Untersuchungen zur morphologischen und biologischen Differenzierung von *Rhizoctonia solani* K. Phytopath. Z. **20**, 1953, 167—226.

51. Schalt, W.: Mündliche Mitteilung, Berlin-Dahlem, 1953.

52. Schneider, F. und Maatsch, R.: Cyclamen. Verl. Paul Parey, Berlin, 3. Auflage, 1950, 54—55.

53. Sherbakoff, C. D.: Plant-disease relation and classification of *Fusaria*. Phytopathology **37**, 1947, 20—21 (Abstr.).

54. Snyder, W. C. and Hansen, H. N.: Culture methods in relation to *Fusarium* identification. Phytopathology **29**, 1939, 827 (Abstr.).

55. — — and — —: The species concept in *Fusarium*. Amer. J. Bot. **27**, 1940, 64—67.

56. — — and — —: The effect of light on taxonomic characters in *Fusarium*. Mycologia **33**, 1941, 580—591.

57. — — and — —: The species concept in *Fusarium* with reference to section *Martiella*. Amer. J. Bot. **28**, 1941, 738—742.

58. — — and — —: The species concept in *Fusarium* with reference to *Discolor* and other sections. Amer. J. Bot. **32**, 1945, 657—666.

59. Weiss, F.: Plant Disease Reporter **32**, 1948, 523.

60. Wellensiek, S. J., Doorenbos, J. und de Haan, J.: Systematiek, Cytologie en Genetica van Cyclamen. Meded. Dir. Tuinb. **13**, 1950, 608—619.

61. Westcott, C.: Plant Disease Handbook. D. van Nostrand Company, Inc. New York, 1950, 481.

62. — —: Briefliche Mitteilung, Glen Ridge (N. J., USA), 1953.

63. WOLLENWEBER, H. W.: *Fusarium*-Monographie. Fungi parasitici et saprophytici. Z. Parasitenkde. **3**, 1931, 269—516.

64. — —: *Fusaria* autographice delineata. Berlin, 1926—1935, 1200 Tafeln.

65. — —: Alpenveilchen- (Zyklamen-) Welke, eine Krankheit pilzlicher Natur. Nachr.-Bl. dtsch. Pflanzenschutzd. **15**, 1935, 38—39.

66. — —: *Fusarium*-Monographie. II. Fungi parasitici et saprophytici. Zbl. Bakt. II. Abt. **106**, 1943, 104—135 u. 171—202.

67. — — und REINKING, O. A.: Die *Fusarien*, ihre Beschreibung, Schadwirkung und Bekämpfung. Verl. Paul Parey, Berlin, 1935.

68. WUTTKE, H.: Gegen *Fusarium oxysporum* resistente Stämme der gelben Lupine. Züchter **15**, 1943, 31—33.

Die mit * gekennzeichneten Arbeiten lagen nur als Referate vor.

Biologische Zentralanstalt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Institut für Phytopathologie Aschersleben

Untersuchungen über die nichtparasitäre Gurkenwelke

Von

K. Stoll

Mit 10 Abbildungen

Inhalt: Vorbemerkung — Wirkung von Aminen und Ammoniak auf Gurkenpflanzen — Wirkung hormonaler Substanzen — Wirkung von Salzen — Wirkung synthetischer Kontaktinsektizide — Wirkung von Kulturfiltraten saprophytischer Pilze — Einfluß von Temperatur und Licht auf das nichtparasitäre, toxigene Welken — Untersuchungen an blühreifen Pflanzen — Schlußfolgerungen für die gärtnerische Praxis — Zusammenfassung — Literaturverzeichnis.

Vorbemerkung

Die hier wiedergegebenen Untersuchungen wurden im Rahmen einer Gemeinschaftsarbeit zur Frage der Bekämpfung der Gurkenwelke im Sommer 1953 durchgeführt. Es sollte der gesamte Problemkreis dieser an Haus-, Kasten- und Freilandgurken mitunter epidemisch auftretenden Erkrankung grundlegend geklärt werden. Dem Verfasser fiel die Aufgabe zu, die physiologische Komponente der Gurkenwelke zu behandeln und unter den wirksamen Faktoren Jahreswitterung, Bodenart und sortenspezifische Empfindlichkeit zu berücksichtigen, während die Bearbeitung der parasitogenen Welke anderen Forschungsstätten vorbehalten blieb. Eine völlige Trennung dieser beiden Problemkreise ist naturgemäß nicht möglich, da nichtparasitäre Faktoren in gleicher Weise Wirtspflanze und Parasit beeinflussen und damit über das Zustandekommen der Welke in ihren beiden Hauptformen entscheiden können. Es darf als gesichert gelten, daß die Jahreswitterung, die Bodenart und die sortenunterschiedliche Empfindlichkeit wesentlich beim Zustandekommen der parasitären Welke mitwirken. In den vorliegenden Untersuchungen wurde nicht beabsichtigt, diesen Zusammenhängen experimentell nachzugehen. Unsere Aufgabe bestand darin, jene Faktoren zu erfassen, die unter üblichen Anbaubedingungen zu einem akuten oder chronischen Nachlassen der Turgeszenz führen können.

Die Untersuchungen des Jahres 1953 wurden mit Beginn der Herbstperiode abgebrochen. Eine Fortführung ist nicht geplant. Aus diesem Grunde ist eine kritische Verarbeitung der mitgeteilten Ergebnisse nicht beabsichtigt.

Das Welken als physikalisch faßbarer Vorgang ist an sich kein Gegenstand der Pflanzenpathologie. Viele Pflanzen oder Teile von ihnen können schadlos eine Senkung der Turgeszenz ertragen. Der Gamsheiderich (*Loiseleuria procumbens* Desv.), ein prostrat wachsender Zwergstrauch der alpinen Gebiete, übersteht ein Absinken des Wassergehaltes auf 15 %. Die Jerichorose (*Selaginella lepidophylla* Spring), viele andere Pflanzen, wie Moose und Flechten, ferner Trockenfarne (*Ceterach* u. a.) können nahezu das gesamte Wasser abgeben und bei erneuter Zufuhr ihre normalen Funktionen wieder aufnehmen. Moossporen können bei einer Temperatur von — 190 ° C mehrere Stunden lebensfähig erhalten werden und erweisen sich nach dem Wiederauftauen als normal keimfähig. Erst nach dem Eintreten irreversibler Schäden im Gefolge der Wassergehaltsabnahme, die die normalen Funktionen der Zelle endgültig lahmlegt, wird das Welken zu einem pathologischen Problem. Nur in diesem Sinne soll im folgenden von einer Welke im allgemeinen und von der Welke der kultivierten Cucurbitaceen, insbesondere Gurke und Kürbis, die Rede sein.

In der Mehrzahl der Fälle sind die Folgen eines übermäßig gesteigerten Wasserentzuges toxigener Natur. Die schädigenden Einflüsse, oft als Toxine bezeichnet, können entweder von außen in die Zellen eindringen oder im Gefolge pathologisch umgelenkter fermentativer Vorgänge im Innern der Zelle selbst entstehen. Wie weit man in diesem Sonderfall mit KUPREWITSCH (zitiert nach RUBIN und ARCICHOWSKAJA, 104) von eigentlicher toxigener Auslösung sprechen kann, ist letzten Endes eine Definitionsfrage. Wir wissen jedoch, daß Frostschäden eine Anhäufung von schädigenden Zwischenprodukten des Stoffwechsels, insbesondere Aldehyden, organischen Fettsäuren, Alkoholen, Ketonen und Eiweißspaltprodukten mehr oder weniger komplizierter Zusammensetzung, hervorrufen können. Diese Stoffe können zu einer Vergiftung des lebenden Plasmas führen, indem sie die normale Semipermeabilität der betreffenden Grenzschichten aufheben. Voraussichtlich sind auch andere physiologisch-pathologische Folgen thermischer, optischer und mechanischer Einwirkungen auf die lebende Zelle in diesem Sinne zu deuten. Nach neueren Untersuchungen zur Pathologie der parasitogenen Welke soll eine toxische Komponente, die vom Erreger stammt, regelmäßig beteiligt sein. Derartige toxische Substanzen konnten isoliert und in ihrer Wirkungsspezifität abgegrenzt werden (CLAUSON-KAAS, PLATTNER und GÄUMANN (19), DIMOND und WAGGONER (23), GÄUMANN und JAAG (39, 40), GÄUMANN, NAEF-ROTH, REUSSER und AMMANN (43), GÄUMANN, KERN und SANDHOFF (41), GÄUMANN, NAEF-ROTH und MIESCHER (42), GROSSMANN (47), GRÜMMER (48), HARRIS (49), HODGSON, PETERSON und RIKER (53), KOBEL (62), PLATTNER und CLAUSON-KAAS (93), SCHEFFER und WALKER (110). Von der Welke sollte in diesem Zusammenhang das Verdorren scharf getrennt werden. In der Literatur ist diese Scheidung nicht immer durchgeführt. So spricht GÄUMANN (37) bezüglich der parasitären Tomatenwelke — hervorgerufen durch Arten der Gattung *Fusarium* — von einem Dürrwerden und Vertrocknen bestimmter Organe in Abhängigkeit von der Natur des wirksamen Toxins.

Hier liegen offenbar ein weiteres Absinken unter den plasmolytischen Grenzwert und anschließende irreversible Entquellung und Verfilzung der Membransubstanz vor. Derartige Vorgänge, die im folgenden als „Verdorren" bezeichnet werden mögen, traten auch in unseren Versuchen zum Problem der nichtparasitären Gurkenwelke wiederholt zutage.

Je nach dem Zeitpunkt und dem Ort des Welkens können wir mit Clauson-Kaas, Plattner und Gäumann (19) zwei Gruppen symptomatologisch als Folge einer Intoxikation unterscheiden:

1. Einen Angriff auf die Interkostalfelder der Blattspreite mit anschließendem Welken und Verdorren der ganzen Spreite oder ihrer Teile, ohne primäre Beeinflussung der Sproßachse und des Blattstieles (die sogenannte Lycomarasminwelke).
2. Ein Verdorren der Sproßachse bei zunächst normaler Turgeszenz der Blattspreite, die erst im Laufe der Zeit verlorengeht (die sogenannte unspezifische Patulinwelke).

Ich habe mich in meinen Versuchen dieser zweckmäßigen Einteilung vorbehaltlos angeschlossen, da die Einordnung der beobachteten Welkevorgänge in diese beiden Gruppen im allgemeinen auf keine Schwierigkeiten stößt.

Auf Sonderfälle einer intrazellularen Versteifung durch Einlagerung von Gerüstsubstanzen in die Membran oder in den lebenden Zellinhalt soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Mechanismen, wie sie für gewisse Trockenfarne zur Sicherung einer normalen plasmatischen Struktur gegen mechanische Deformationen bereitstehen, sind für die Cucurbitaceen nicht bekannt. Hier führt ein Absinken der Turgorspannung regelmäßig zu dem als Welke bezeichneten Symptom. Wie weit darüber hinaus die Gurkenpflanzen auf eine ungewöhnlich starke Belastung der Wasserbilanz mit dem als „incipient drying" bekannten Regulationsmechanismus antworten, muß offen gelassen werden. Es ist nicht bekannt, ob die Spaltöffnungsbewegungen der Gurkenpflanzen vorwiegend den Anforderungen der Photosynthese oder mehr den Erfordernissen der Transpirationsregelung angepaßt sind. Auch über die Reaktionsbereitschaft der Spaltöffnungen nach Störung der Wasserbilanz liegen Untersuchungen nicht vor. Eigene Beobachtungen zeigten jedoch, daß ein durch Insolation hervorgerufenes Welken der Blätter bei unausgesetzter Einstrahlung nach etwa 50 bis 90 Minuten zurückgeht. Blätter und Blattstiele gewinnen ihre normale Turgeszenz wieder. Die neue Gleichgewichtslage bleibt von diesem Zeitpunkt an unverändert erhalten, sofern nicht weitere Faktoren zu sekundären Schäden führen. Eine Verkleinerung der Spaltenapertur während der Umstellung auf die neue Gleichgewichtslage wurde mit Sicherheit nicht festgestellt. Eine Nachprüfung ist jedoch erforderlich, da die von mir benutzte Lloydsche Epidermisabzugmethode nicht immer geeignet ist, über die Spaltöffnungsbewegungen Aufschluß zu geben.

Die Frage nach den Ursachen und der Entstehung der sogenannten nichtparasitären Gurkenwelke stammt aus der Praxis des Gartenbaues. Die an Haus-, Kasten- und Freilandgurken gesammelten Beobachtungen, die Kotte (67) zusammengestellt hat, lassen vermuten, daß neben der bekannten, durch

Fusariosen und Bakteriosen hervorgerufenen parasitären Welke eine allein durch schädigende Umwelteinflüsse bedingte Welke angenommen werden muß. Bisher ist in keinem Falle der exakte Nachweis dafür erbracht worden, daß die wirksamen Faktoren unmittelbar zur Erkrankung führen und nicht lediglich die Reaktionslage der Pflanze zugunsten parasitärer Einwirkungen verschieben. Es bedarf daher im besonderen der Klärung, ob der sogenannte „kalte Fuß" als häufig festgestellter Urheber von Welkevorgängen im Sproßsystem zu einer unmittelbaren Wasserbilanzkrise führt oder lediglich den in der Anzuchterde bzw. im Ackerboden verbreiteten Schwächeparasiten das Eindringen ermöglicht (vgl. MERKENSCHLAGER, 80). Die Bedeutung nichtparasitärer Faktoren als Welkeerreger muß somit von ihrer prädisponierenden Wirkung auf das Zustandekommen einer Infektion scharf getrennt werden.

Die Frage, ob es überhaupt eine nichtparasitäre Welke der Gurke gibt, ist jedoch auch aus anderen Gründen nicht eindeutig gestellt. Grundsätzlich kann jede Wasserbilanzkrise der Pflanze zum Verlust der Turgeszenz führen, der u. a. in Welkesymptomen zum Ausdruck kommt (LUNDEGARDH, 76, und WALTER, 138). Die stark transpirierenden Blätter der Cucurbitaceen werden besonders leicht derartigen Störungen ausgesetzt sein, wie das rasche Welken eines vom Sproß abgetrennten Kürbisblattes anzeigt. Daß Faktoren des Bodens und der Jahreswitterung in extremen Fällen zum Welken der Gurkenpflanze führen können, die auf einer akuten Verknappung des Wasserangebotes, auf einer übermäßigen Steigerung der Wasserabgabe oder auf dem Zusammenwirken beider Faktoren beruht, bedarf keiner gesonderten Bearbeitung. In diesem Sinne gehört die nichtparasitäre Gurkenwelke zu jener weitverbreiteten Erscheinung der pflanzlichen Wurzelinsuffizienz, die den Wasserverlust durch Transpiration nicht mehr zu decken vermag. Im einzelnen kann sie zu mannigfaltigen Krankheitssymptomen führen, unter denen MERKENSCHLAGER (80) eine ganze Reihe charakteristischer Typen nennt. Die Organe welken, weil das Wasserangebot ihrem Wasserbedarf nicht mehr entspricht. Im Gegensatz zu dieser Form der nichtparasitären Welke wird das durch Fusariosen und Bakteriosen hervorgerufene Krankheitsbild nicht durch eine die Wurzelleistung überschreitende Verschlechterung des Wasserangebotes, sondern durch innere Veränderungen hervorgerufen. Verstopfungen der Fernleitungsbahnen, sogenannte Embolien, toxigene Lahmlegung ganzer Wurzelabschnitte und Verlust der normalen Semipermeabilität bei normalem Wasserangebot des Erdbodens sind die kennzeichnenden Attribute der parasitogenen Welke (HARRIS, 49). Reichliche zusätzliche Wassergaben sind hier ebenso wirkungslos wie sorgfältiger Schutz vor übermäßiger Wasserabgabe. Die Organe welken nicht, weil das Wasserangebot nicht ausreicht, sondern weil die inneren Voraussetzungen für die Aufrechterhaltung der normalen Turgeszenz fehlen. Pilzhyphen können den Gefäßquerschnitt direkt einengen oder durch Reizung der die Gefäße begleitenden Zellen zur Thyllenbildung und Blockierung der Fernleitungsbahnen führen (BROEKHUIZEN, 13). Darüber hinaus wurden durch die oben zitierten Untersuchungen unspezifische Welketoxine nachgewiesen, die mit dem Transpirationsstrom in die lebenden

Gewebe gelangen und dort Störungen der Semipermeabilität hervorrufen. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß die Deutung der parasitären Welke auf toxigener Basis allein nicht möglich ist. Die spezifischen Symptome der Tomatenfusariose konnten mit gereinigten Toxinen des Erregers nicht reproduziert werden (Scheffer und Walker, 110). Es besteht insbesondere keine gesicherte Korrelation zwischen Pathogenität und Anhäufung von Welketoxinen im Kulturfiltrat der betreffenden Erreger. Die charakteristischen Verfärbungen und die Thyllenbildung in den Gefäßen blieben in Versuchen mit gereinigten Toxinen aus (Scheffer und Walker, 110).

Auf Grund von Untersuchungen der genannten Autoren können wir für die parasitäre im Gegensatz zu der durch Wasserbilanzkrisen bedingten Welke der Tomate folgende Symptome in Anspruch nehmen: Eine Verstopfung der Fernleitungsbahnen durch farbige gummöse Massen, durch Thyllen und Pilzhyphen, gefolgt von einer toxigenen Veränderung der normalen Semipermeabilität mit ihren Auswirkungen auf Wassergehalt und Transpirationsintensität. Wir wissen, daß diese Symptome auch für die Gurkenfusariose und die Gurkenbakteriose kennzeichnend sind (Walker, 137, van der Lek, 73). Für die Gurkenfusariose treten zu den genannten Symptomen hinzu: Aufspaltungen, Vermorschungen und Zersetzungen des basalen Stammabschnittes, verbunden mit Geschmacksbeeinflussungen der Früchte (Kotte, 67).

Die Beobachtungen über Wirkungen verschiedener nichtparasitärer Faktoren, unter denen der „kalte Fuß" bereits genannt wurde, lassen bis heute nicht erkennen, ob lediglich eine akute Wurzelinsuffizienz vorliegt, oder ob mit den beobachteten Welkesymptomen eine typische Gefäßembolie nach Art der parasitogenen Welke verbunden ist, die neben einer Erschwerung der Wasseraufnahme eine Hemmung des Wassertransportes zur Folge hat. Wir haben uns im Hinblick auf die einleitend zugrunde gelegte Problemstellung dem Auftreten typischer Welkesymptome unter dem Einfluß welkeerzeugender Stoffe zugewandt. Über die zur Zeit vorliegenden Versuchsergebnisse an Gurken (Sorte „Delikateß"), wird nachstehend berichtet. Vergleichsweise wurden Kürbispflanzen (Sorte „Riesen Melonen Gelber") einbezogen.

Zur Orientierung über die Reaktion der Pflanze auf welkeerzeugende Stoffe wurden in Lauberde angezogene Gurken- und Kürbispflanzen nach Entfaltung der ersten zwei bis vier Blätter in Lösungen oder Aufschwemmungen der zu prüfenden Verbindungen getaucht. In weiteren Versuchen an älteren, bis zur Blühreife entwickelten Gurkenpflanzen erfolgte die Verabreichung durch Angießen der Pflanzen in den Anzuchtgefäßen, im Freiland durch Behandeln der Bodenoberfläche in einem Umkreis von 2 Metern rings um den Stamm. Die Pflanzen wurden teils im Laboratorium, teils im Gewächshaus auf ausfahrbaren Wagen aufgestellt. Keimfreie, gedämpfte Anzuchterde bot günstige Entwicklungsbedingungen. Bei starker Sonneneinstrahlung in den Mittagsstunden wurde für ausreichende Schattierung gesorgt.

Die Befunde haben wir durch anatomische Untersuchungen am Gewebe der Wurzel und der Sprosse nach intravitaler Färbung mit Neutralrot auf plasmolytischem Wege ergänzt. Lebende Zellen speichern bekanntlich den Farbstoff oberhalb eines bestimmten pH-Wertes lebhaft in den Vakuolen, wogegen Membran und Plasma den Farbstoff nicht festhalten. Tote Zellen zeigen keine elektive Speicherung, sondern eine postmortale Wandimprägnierung. Auf diesem Wege können lebende von toten Zellen des Wurzelparenchyms und der Wurzelhaare sowie anderer Gewebeteile der Pflanze mikroskopisch einwandfrei getrennt werden.

Der Aufstieg von Welkestoffen in die Leitungsbahnen wurde chemisch-analytisch nicht verfolgt. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse stützen sich somit nur auf makroskopisch und mikroskopisch wahrnehmbare Veränderungen.

Bezüglich der Natur welkeerregender Stoffe können wir heute die Polypeptide von den Polysacchariden und anderen organischen Verbindungen, größtenteils aminartigen Charakters, trennen. Zu letzteren zählen die in der Natur weit verbreiteten biogenen Welketoxine (SCHAFFNIT und LÜDTKE, 108). Wir haben darüber hinaus mit einer ganzen Reihe von Verbindungen zu rechnen, die der industriellen Erzeugung entnommen sind und speziellen physiologisch-pathologischen Zwecken dienen. Unter ihnen nennen wir an erster Stelle die auf hormonaler Basis aufgebauten Unkrautbekämpfungsmittel, ferner die Mittel zur Boden- und Saatgutdesinfektion sowie zur Bekämpfung von Bodenschädlingen. Diese Stoffe gelangen heute in großen Mengen auf die Pflanzen und in den Boden und zeichnen sich teilweise durch eine große Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen mikrobiellen Abbau aus, so daß mit Residualwirkungen auf Pflanzen und Tiere gerechnet werden muß. Wir haben diese Verbindungen mit Erfolg in unsere Fragestellung einbezogen.

Die Versuche wurden in den Sommermonaten des Jahres 1953 durchgeführt. In den Wintermonaten leiden die licht- und wärmebedürftigen Pflanzen derart unter Mehltau, daß brauchbares Versuchsmaterial nicht zu erhalten ist.

Die Versuche zur Klärung der Frage, wie weit eine nichtparasitäre Gurkenwelke mit den Symptomen der parasitären durch Anwendung von Welkestoffen hervorgerufen werden kann, umfassen die Wirkungen nachstehend aufgeführter Chemikalien sowie den Einfluß der Temperatur und Insolation für sich und in Kombination mit den genannten Toxinen. Diese teilen wir in folgende 5 Gruppen ein:

1. Biogene und synthetische Amine einschließlich freies Ammoniak, gasförmig bzw. in wässriger Lösung.

2. Hormonale Substanzen vom Typ der neuzeitlichen Unkrautbekämpfungsmittel sowie Mittel zur hormonalen Beeinflussung der Latenzphase.

3. Salze, insbesondere Fungizide und Insektizide mit salzartigem Charakter.
4. Kontaktinsektizide.
5. Kulturfiltrate gewisser saprophytischer Pilze.

Bevor ich zur Besprechung der Ergebnisse übergehe, sei auf eine vielfach übersehene Tatsache hingewiesen, deren Nichtbeachtung zu Fehlschlüssen führen kann.

Belastet man das Wurzelsystem einer Gurken- oder Kürbispflanze mit einer 25 %igen Rohrzuckerlösung bzw. einer isotonischen Kaliumnitratlösung in destilliertem Wasser, so tritt, wie nicht anders zu erwarten steht, in wenigen Stunden Welke ein. Die Plasmolyse der Wurzelrindenzellen erreicht bereits nach 20 Minuten ihr Maximum. Die Pflanzen können in diesem Zustand mehrere Tage ohne Rückgang der Plasmolyse verweilen. Eine längere Verweildauer führt zu irreversiblen Schäden. Nach unvermittelter Rückübertragung der Pflanze in Leitungswasser erfolgt in wenigen Minuten eine vollständige Deplasmolyse, begleitet von einem Absterben der Wurzelrindenzellen und der Wurzelhaare. Das Absterben der Zellen des Wurzelrindenparenchyms und der Wurzelhaare ist besonders deutlich am diffusen Austritt des Vitalfarbstoffes und postmortaler Wandimprägnierung der abgetöteten Zellen kenntlich. Die sprunghafte Zunahme der Wasserdurchlässigkeit ermöglicht gleichzeitig den oberirdischen Organen eine restlose Wiederherstellung ihrer gestörten Wasserbilanz. Das gesamte Sproßsystem gewinnt in wenigen Stunden seine normale Turgeszenz wieder und kann in diesem vollturgeszenten Zustand bei täglichem Wechsel des Wassers drei Wochen lang auf abgetöteter Wurzel am Leben erhalten werden. Ein Abtöten der Wurzel ist somit nicht unbedingt mit einem sofortigen Welken oberirdischer Pflanzenteile verbunden, sofern ein hinreichendes Angebot an aufnehmbarem Wasser besteht. Auf diese Tatsache hat insbesondere Kramer (68, 69) hingewiesen, der nach Abtöten der Wurzel eingetopfter Pflanzen Wasseraufnahme für die Dauer von 14 Tagen feststellte. Der rein physikalische Filtrationswiderstand der abgetöteten Wurzel sinkt auf etwa $^1/_{50}$ des normalen ab (nach Renner [101] auf $^1/_{20}$). Man ersieht daraus, daß der Anteil des aktiven Wurzeldruckes an der Nachlieferung des Transpirationswassers nur gering sein kann. Nach Lundegardh (76) beträgt er etwa 20 % der gesamten, dem Sproß zugeführten Wassermenge; 80 % werden demnach durch aktive Saugung der Blätter gedeckt. Mit der Zeit stellen sich naturgemäß Verstopfungen der Gefäße ein, die zur Welke führen. Entscheidend für das Eintreten der Welke ist, wie weiter unten ausführlich dargelegt werden soll, nicht der Verlust eines funktionsfähigen Wurzelsystems, sondern die Ursache, die zu diesem Funktionsverlust geführt hat.

Unter den im Vordergrund stehenden Welkestoffen seien zunächst Ergebnisse mit Aminen und mit Ammoniak mitgeteilt.

1. Wirkung von Aminen und Ammoniak auf Gurkenpflanzen

Über die phytotoxischen Wirkungen von Aminen und Ammoniak liegen Untersuchungen von AHMET (1), ARCICHOWSKAJA (104), BARTON (4), BREDEMANN und RADELOFF (12), THORNTON und SETTERSTROM (133), ferner die bereits zitierten Untersuchungen von SCHAFFNIT und LÜDTKE (108) vor. Unter den verfügbaren Aminen prüften wir 1 %ige Lösungen von Äthylamin, Tyrosin in Ammoniak 1 %, Diphenylamin, Paradimethylphenylendiamin und wässrige Ammoniaklösungen.

Nach Ablauf von 24 Stunden ergab sich an Gurkenpflanzen im 4-Blattstadium folgendes Bild: In der überwiegenden Mehrzahl treten typische Symptome der Patulinwelke auf. Das Amin übt seine Wirkung zunächst in jenen oberirdischen Teilen aus, die seinem Einfluß direkt ausgesetzt sind. AHMET (1) fand, daß bald die Stengel, bald die Blätter zuerst welken. Hier muß jedoch in gleicher Weise, wie in den zitierten Versuchen von GÄUMANN (37) offengelassen werden, ob das festgestellte Welken durch das verabreichte Toxin selbst, oder durch sekundäre Produkte eines toxigen gestörten Stoffwechsels erfolgte (OWTSCHAROW, 90). Die Natur des toxischen Prinzips bleibt in allen derartigen Fällen so lange unbekannt, als es noch nicht am Ort seiner Wirksamkeit analytisch erfaßt werden konnte. In 1 %igem Diphenylamin stellten wir Welke der Interkostalfelder bei voller Turgeszenz der Blattstiele fest. Dieses Bild entspricht in großen Zügen der Lycomarasminwelke im GÄUMANNschen Sinne. Besonders nachhaltig und intensiv wirkte das Diäthylamin sowie das freie Ammoniak, relativ am schwächsten das Diphenylamin. Das Paradimethylphenylendiamin konnte, an seiner dunklen Färbung kenntlich, in den äußersten Rändern der Blattstiele nachgewiesen werden. Die zytologische Untersuchung der Wurzel ergab in allen Fällen ein Abtöten des zentralen und peripheren Rindenparenchyms. Es ist jedoch bekannt, daß in Abhängigkeit von der Natur der wirksamen Stoffe eine Differenzierung in tote periphere und lebende zentrale Rindenparenchymzellen auftreten kann.

Die 1 %ige Lösung liegt hoch über der Dosis tolerata der Gurkenpflanze im bezeichneten Entwicklungsstadium. Eine 10fache Verdünnung ist im gleichen Sinne wirksam, doch treten die Symptome erst nach Ablauf einer längeren Einwirkungszeit auf. Verdünnungen unter 0,1 % wurden von uns nicht geprüft. Bezeichnend ist, daß die für die parasitäre Gurkenwelke charakteristischen Primärsymptome, zu denen wir die Verbräunungen der Gefäßwände, sowie Einengung des Leitungsquerschnittes durch Thyllenbildung und gummöse Barrikaden zählen, in jedem Falle vermißt wurden.

2. Wirkung hormonaler Substanzen

Aus der umfangreichen Literatur über phytotoxische Wirkungen synthetischer Produkte auf hormonaler Basis seien an dieser Stelle nur die neueren Arbeiten angeführt, die auf die vorliegende Fragestellung Bezug nehmen. Demzufolge muß eine weitgehende Abhängigkeit der phytotoxischen Wirk-

samkeit von inneren und äußeren Faktoren angenommen werden. Auf die art- und sortenspezifische Empfindlichkeit haben u. a. hingewiesen: Albrecht (2), Hochapfel (52), Hoshaw (56), Kersting (60), Rüther und Selke (105), Blackman (8), Dame (21), Marcus (77), Schmidt, H. A. (112) und Trappmann (134). Yu-tien Hsia und Christensen (141) verweisen auf die Beziehungen zum Entwicklungsstadium der Pflanze. Die Wirkungen auf den Stoffwechsel und andere aktive Lebensäußerungen der Pflanze behandeln Bradbury und Ennis (11), Hofmann und v. Schmeling (54), Nance (86), Owtscharow (90). Über die Beeinflussung des Wurzeldruckes durch Ester der Carbaminsäure berichtete Speidel (122). Zusammenfassende Übersichten und experimentelle Untersuchungen von Frohberger (33), Grafts und Harvey (46), Johnson (59), Linser (74), Petersen (91), Rademacher (96), Stummeyer (129) und Templeman und Wright (131) sowie der Bericht der Bayer-Werke, Leverkusen, (5) lassen erkennen, daß die Wirkung hormonaler Substanzen heute noch in den Anfängen ihrer Erforschung steht.

Wir beschränkten uns daher im Rahmen unserer speziellen Fragestellung auf einige orientierende Versuche mit Gurkenpflanzen im Vierblattstadium und prüften zwei Stoffgruppen, einmal die auf der Phenoxyessigsäure basierenden Unkrautvertilgungsmittel sowie die Ester der Carbaminsäure, die als Keimhemmungsmittel bekanntgeworden sind. Die letzten stellen in der Regel Atmungshemmstoffe dar.

Im besonderen wählten wir das Unkrautvertilgungsmittel „UT-10" (Hersteller: Leunawerke „Walter Ulbricht", Leuna bei Merseburg) auf hormonaler Basis, ferner ein Derivat der Phenoxyessigsäure sowie neben dem Phenylurethan den Isopropylester der Phenylcarbaminsäure.

Sämtliche in 1 %iger Lösung bzw. Aufschwemmung gebotenen Substanzen bewirken ein intensives Welken der Gurkenpflanzen. Stets welkt und kollabiert zunächst der Blattstiel. Phenylurethan greift innerhalb von 24 Stunden Blattstiel und Sproßachse sichtbar an, während die Blattspreite erst nach Tagen welkt. Ein Derivat der Phenoxyessigsäure rief mitunter chlorotische Flecke auf der Blattspreite hervor. Die von Ciferri (18) an Kakaopflanzen nach Verabreichung von 2,4-D beobachteten virusähnlichen Symptome traten nicht auf.

Das Unkrautvertilgungsmittel „UT-10" führt in kurzer Zeit zum Verdorren des gesamten oberirdischen Systems. Wurzelrindenzellen und Wurzelhaare werden durch diese Stoffe restlos abgetötet. Die gleichen Symptome bewirken zehnfache Verdünnungen, jedoch erst nach längerer Verweildauer. Typische Kennzeichen der parasitären Gurkenwelke, insbesondere Verfärbungen und Embolien im Bereich der Fernleitungsbahnen, fehlen auch hier.

Die untere Welkegrenze liegt für das „UT-10", wenn es in wäßriger Aufschwemmung benutzt wird, zwischen 0,01 bis 0,005 %. Bei der letzten Konzentration sind die Wurzelhaare bereits abgetötet, das Wurzelrindenparenchym aber noch normal speicherungsfähig für den Vitalfarbstoff Neutralrot und normal plasmolysierbar. Von den Primärblättern wird nur das unterste von der Welke betroffen. Die Sproßachse erscheint schlaff und

schwach eingeschnürt. Bei einer Konzentration von 0,01 % traten blasse Flecke auf der Blattspreite und Einrollungen am Rande auf. Die Blattstiele selbst verhalten sich bei dieser Konzentration nicht einheitlich; während ein Teil verdorrt, erscheinen andere normal turgeszent.

Alle mit „UT-10" beobachteten Welkephänomene blieben bei normalem Wasserangebot in Erdtöpfen aus. Demzufolge muß der gesamte Bodenkomplex den Welkevorgang wesentlich beeinflussen können.

3. Wirkung von Salzen

Unter den praktisch wichtigeren Verbindungen dieser Stoffgruppe untersuchten wir die Wirkung von Kalkarsen, einem verbreiteten, auch heute noch unentbehrlichen Schädlingsbekämpfungsmittel im Obst- und Hackfruchtbau, ferner den Kalkstickstoff, vergleichsweise Sublimatlösungen und Mangansulfat. Für alle vier genannten Salze wurde die Dosis toxica festgestellt. In Kalkarsen 2 %ig welken die Pflanzen vielfach erst nach 50 Stunden. Die Belastung des Transpirationssystems durch direkte Sonnenlichteinstrahlung kann den Zeitpunkt des Eintretens der Welke jedoch erheblich verschieben, wie weiter unten ausgeführt werden soll. Die Angaben von RECKENDORFER (99, 100) über die Dosis toxica bedürfen hinsichtlich der Arsenwirkung auf die Pflanze einer Überprüfung unter Berücksichtigung der pH-abhängigen Löslichkeit der Arsenate (DAXER, 22). Die schädigenden Wirkungen des Kalkstickstoffs werden allgemein auf das im Boden sich bildende Cyanamid zurückgeführt (ARENZ und SCHRÖPPEL, 3; LATZKO und AMBERGER, 71). HASELHOFF (50) fand gasförmige Zersetzungsprodukte des Abbaues im Boden, unter denen er dem Ammoniak die größte phytotoxische Wirksamkeit zuschreibt. Wie weit unsere Ergebnisse auf Wirkungen des freien Ammoniaks beruhen, haben wir nicht untersucht. Für die Praxis des Gurkenbaues muß jedoch mit der Möglichkeit einer Schädigung durch Kalkstickstoff gerechnet werden. Aufschwemmungen von Kalkstickstoff in destilliertem Wasser bei einer Konzentration von 0,05 % wirken außerordentlich schädigend im Sinne einer Welke. Zunächst wird die Sproßachse selbst durch den Kalkstickstoff zum Erliegen gebracht, die Spreite wird anfangs weniger betroffen. Keine Welke bedingt 0,05 % Kalkstickstoff, wenn die Pflanzen schattiert werden. Es bedarf somit der Nachprüfung, wie weit die von SÜSSBRICH (130) vorgeschlagene Methode der Kastenkultur von Treibgurken unter Verwendung von Kalkstickstoff gefahrlos gehandhabt werden kann. Daneben darf die fungizide Wirksamkeit des Kalkstickstoffes nach BÖNING (10) und RADEMACHER (97) nicht übersehen werden.

Die Wirkung des Mangansulfats ist unterschiedlich zu beurteilen. Die Dosis toxica wurde zwischen 0,001 % und 0,005 % gefunden, wenn das Sulfat in wäßriger Lösung geboten wird. An der unteren Grenze welkt nur das älteste Primärblatt, während die übrigen turgeszent bleiben. In Sonderfällen konnten einzelne Gurkenpflanzen einen Konzentrationsanstieg auf 0,01 % für die Dauer von 24 Stunden schadlos überstehen. Die phytotoxische

Wirkung des Mangansulfats wird durch Reaktionsteilnehmer unbekannter Natur stark beeinflußt. Es hat sich in unseren Versuchen gezeigt, daß Tannin (0,1 %) schädigende Wirkungen des Mangansulfats mildert. In ähnlicher Richtung liegt die Wirkung von Erdaufschwemmungen. In sterilisierter Aufschwemmung wurde eine untere toxische Grenze zwischen 0,05 und 0,01 % gefunden. Nicht sterilisierte Erdaufschwemmungen schützen die Pflanzen vor schädigenden Einflüssen des Mangansulfats in einer Konzentration des Salzes von 0,05 %. Plasmolytische Überprüfungen der Wurzelfunktion mit Mangansulfat behandelter Gurkenpflanzen zeigten folgendes Bild: In 0,05 %iger Lösung des Salzes wurden alle Wurzelzellen nach 48stündiger Einwirkung abgetötet. In Gegenwart von sterilisierter Erdaufschwemmung behielt die Mehrzahl der Wurzelrindenzellen ihre normale Semipermeabilität. Nicht sterilisierte Erdaufschwemmung schützte das Rindenparenchym und die Wurzelhaare vollkommen vor den Einwirkungen einer 0,05 %igen Mangansulfatlösung.

Die vorliegenden Ergebnisse mit Mangansulfat mahnen zur Vorsicht bei der Verwendung gedämpfter Lauberde für die Anzucht von Gurken im Haus oder Kasten. Es ist nach Untersuchungen von McCool (78) bekannt, daß durch das Dämpfen von Lauberde beträchtliche Mengen Mangan in lösliche Form übergeführt werden (vgl. Crocker, 20, S. 428). Die Möglichkeit phytotoxischer Schäden durch Mangan in gedämpften Böden nach Überschreitung des wirksamen Grenzwertes ist nicht von der Hand zu weisen. Die Bestandteile der Lauberde können jedoch, wie wir gezeigt haben, phytotoxische Wirkungen des Mangans mildern.

Das Sublimat ($HgCl_2$) gehört nach unseren Untersuchungen nicht zu den Welkestoffen im eigentlichen Sinne. In Konzentrationen von 0,1 % geboten, erzeugt es keine eigentliche Welke, sondern unregelmäßig geformte, über die Interkostalfelder verstreute chlorotische bis nekrotische Flecke. Wir haben daher das Sublimat in unseren weiteren Versuchen nicht mehr berücksichtigt.

4. Wirkung synthetischer Kontaktinsektizide

Über phytotoxische Wirkungen der modernen synthetischen Kontaktinsektizide liegt ein umfangreiches Schrifttum vor (Fuchs, 36; Stellwaag, 124; Trappmann, 135). Hier sollen nur diejenigen Untersuchungen berücksichtigt werden, die sich mit den Wirkungen der Ester- und Hexamittel befassen.

Nachstehend aufgeführte handelsübliche Insektizide mit überwiegender Kontaktwirkung auf das Insekt wurden in die Prüfung ihrer phytotoxischen Eigenschaften einbezogen: a) E-Mittel: Wofatox (Hersteller Farbenfabrik Wolfen); b) Hexa-Mittel: Arbitex (Hersteller VEB Fahlberg-List, Magdeburg), Hexitan (Hersteller Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld), Verindox (Hersteller VEB Schering, Berlin-Adlershof), Verindal (Hersteller VEB Schering, Berlin-Adlershof), Hexitol (Hersteller Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld); c) Hexa-DDT: Duplexan (Hersteller Elektrochemisches Kombinat

Bitterfeld), Duplexol (Hersteller Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld), Ruscalin (Hersteller VEB Schering, Berlin-Adlershof). Diese Präparate wurden ohne Rücksicht auf die Form ihres sonstigen technischen Einsatzes zur Insektenvertilgung in 1 %iger Suspension der handelsüblichen Aufbereitung angesetzt. Die Versuchspflanzen wurden mit ihren Wurzeln in die nichtfiltrierte Aufschwemmung eingesetzt.

Schäden durch die leicht eindringenden Ester-Mittel (vgl. LÜDICKE, 75) treten in erster Linie an Tomaten-, Kohl- und Gurkenpflanzen auf (EDWARDS und F. F. SMITH, 28; NOLTE, 88; PRITCHARD und BEER, 94; SCOTT, 116; F. F. SMITH und CLIFFORD, 120). An Gurkenpflanzen im Vierblattstadium fanden wir nach Verabreichung durch die Wurzel rasches Welken und Kollabieren des gesamten Sproßsystems. Auf der Blattspreite erscheinen bald vom zentralen Nerv seitlich ausstrahlende vergilbende Flächen, die jedoch eine mehr oder weniger breite Randpartie unbeeinflußt lassen. Sproßachse und Blattstiel vergilben und kollabieren rasch, die Wurzeln werden restlos abgetötet. Die Symptome einer Wofatoxvergiftung an Gurkenpflanzen stimmen prinzipiell mit denjenigen überein, die an Cruciferen bekanntgeworden sind (NOLTE, 88; STOLL, 128). Die phytotoxischen Eigenschaften der Hexamittel sind an einer großen Zahl verschiedenster Kulturpflanzen überprüft worden (FUCHS, 36, S. 307; MELTZER, 79). Ihre Bewertung wird in erster Linie durch die Isomeren erschwert, die die handelsüblichen Präparate zusammensetzen. Es tritt hinzu, daß die Löslichkeit der Isomeren von verschiedenen Faktoren, insbesondere der Einwirkungszeit des Lösungsmittels und der Korngröße in noch unbekannter Weise abhängt.

Gegenwärtig besteht keine Klarheit darüber, welche Isomeren für die phytotoxischen Eigenschaften der Hexamittel verantwortlich sind (BERTOSSI und CIFERRI, 7). Für die Gammaisomere wird eine untere Grenze der Phytotoxizität um 0,04 % angegeben (STOKER, 126). Andere Autoren schreiben die schädigenden Wirkungen der Gamma- und Deltaisomere zu (GEISSLER, 44). Nach ROHWER (102) ist die Gammaisomere unwirksam, nach SCHOPFER und BEIN (113) die Alphaform. Dagegen soll die unliebsame Geschmacksbeeinflussung auf die Betaisomere zurückzuführen sein (PROVERBS, 95; ROHWER, 102; vgl. auch STELLWAAG, 125). Manche Autoren erblicken in gewissen Zersetzungsprodukten die maßgebliche phytotoxische Komponente, unter denen das Trichlorbenzol genannt wird (BROWN, 15). Nach GÖTZ (45), H. SCHMIDT (111), F. P. MÜLLER (82) und anderen Autoren treten gasförmige, spezifisch leichte Produkte auf, deren Dampfdruck um 0,03 mm Quecksilber bei 20 ° C liegt. Diese gasförmigen Verbindungen waren im Fliegentest nachweisbar, über ihre phytotoxischen Eigenschaften ist jedoch Näheres nicht bekannt. Auf mögliche Wirkungen von Verunreinigungen verweist MÜNCHBERG (83, 84). Starke Schäden bedingen die Hexamittel, wenn sie der Anzuchterde beigemischt werden (DOMINICK, 25; MORRISSON et al., 81; SAKIMURA, 106; C. F. SMITH, 119), in der sie monatelang unzersetzt verweilen können (M. S. SMITH, 121). Über schwere Schäden im Keimlingsstadium berichteten EHRENHARDT (29, 30, 31), DUNKLER (27), GEISSLER (44) und KOSTOFF (66). Oft wird die

Keimfähigkeit der Samen beeinflußt, mitunter bleibt sie jedoch unberührt (Geissler, 44). Andererseits wird über Wachstumsstimulationen (Doxey und Rhodes, 26; Geissler, 44; H. Schmidt, 111) und Ertragssteigerungen (Heidenreich, 51) berichtet. Eine deutliche Abhängigkeit von der Bodenart wurde von verschiedenen Autoren festgestellt (Brünig, 16; Dunkler, 27; Ehrenhardt, 29, 30, 31; Piatnitzky und Persin, 92).

Es ist erwiesen, daß die Hexamittel trotz geringer Wasserlöslichkeit von der Pflanze aufgenommen und weitergeleitet werden können (Geissler, 44; Heidenreich, 51; Langenbuch, 70; Schwartz, 115; Sellke, 117, 118; Starnes, 123; Thiem, 132). Nach oberirdischer Verabreichung von Hexamitteln wurden Schäden an verschiedenen Kulturpflanzen beobachtet (Brooks und Andersen, 14; Carruth und Howe, 17), insbesondere an Cucurbitaceen. In diesem Zusammenhange sind Resistenzverschiebungen gegenüber Parasiten nach Behandlung mit Hexamitteln erwähnenswert (Hopf, 55). Fungistatische Wirkungen führt Foster (32), Wirkungen auf Bodenorganismen führen Wilson und Choudhri (140) an. Zytologische Untersuchungen haben colchicinähnliche Wirkungen gezeigt (Doxey und Rhodes, 26; Nybom und Knutsson, 89).

Über plasmatische Schäden durch Hexamittel bei gleichzeitiger Exposition im Sonnen- oder UV-Licht berichtet Stoll (127). Im übrigen ist jedoch die Art der Strahlenwirkung auf die physiologischen Eigenschaften der Hexaisomeren noch wenig erforscht (Rauch, 98). — Wir gelangen somit an Hand der vorliegenden Literatur zu dem Ergebnis, daß die Hexamittel eine Gruppe physiologisch aktiver organischer Verbindungen darstellen, deren Wirkung auf die Pflanze an verschiedenen Stellen zum Ausdruck kommt. Es steht fest, daß die Hexaisomeren von der Pflanze trotz geringer Wasserlöslichkeit durch oberirdische und unterirdische Organe aufgenommen, weitergeleitet und längere Zeit unzersetzt gespeichert werden können. Ihre physiologischen Wirkungen beruhen auf mannigfacher Beeinflussung vitaler Funktionen in Abhängigkeit von der Konzentration, der Empfindlichkeit der Pflanze und von äußeren Bedingungen, die auf Störungen oder Stimulation hinauslaufen. Die Hexamittel besitzen teils den Charakter von Toxinen, teils den Charakter echter Wuchsstoffe. In unseren Versuchen traten nur phytotoxische Eigenschaften der Hexamittel hervor.

In Aufschwemmungen (1 %) eintauchende Gurkenpflanzen des Vierblattstadiums zeigen folgende Symptome:

1. Die Wurzeln werden regelmäßig zum Absterben gebracht.
2. Zunächst welkt meist das älteste Laubblatt, dann welken die übrigen in der Reihenfolge ihrer Entwicklung. Die Kotyledonen verweilen im allgemeinen am längsten im vollturgeszenten Stadium. Nach dem Abwelken der Blätter verliert auch die Sproßachse allmählich ihre Turgeszenz, so daß die Pflanzen sich abwärts biegen und zum Schluß, nach 48 Stunden, schlaff herabhängen. Es folgt ein Vergilben der welkenden Blattspreiten.

Abb. 1. Drei Gurkensämlinge nach dem Eintauchen in eine 0,5 %ige Aufschwemmung von Ruscalin. Erläuterung im Text

3. Das in die Suspensionen des Mittels eintauchende Hypokotyl zeigt an der Grenze zwischen Luft und Flüssigkeit primär eine scharfe, ringartig abgegrenzte Verfärbungszone, in der das Chlorophyll rasch ausbleicht, während die tieferen, in die Lösung tauchenden Abschnitte des Hypokotyls von der Verfärbung unberührt bleiben (Abbildung 1). Allmählich verliert auch das Hypokotyl seine Turgeszenz und welkt ab. Nicht alle aufgeführten Hexamittel sind in gleichem Umfange wirksam. Am nachhaltigsten treten die Symptome nach Ruscalinbehandlung auf. Zusammengesetzte DDT-Hexa-Präparate zeigen gegenüber den reinen Hexamitteln eine unterschiedliche Wirkung auf die Reihenfolge des Auftretens sowie die Intensität der Welkesymptome.

5. Kulturfiltrate saprophytischer Pilze

Das Kulturfiltrat von *Ophiobolus graminis*, das wir nach dem Verfahren von SCHAFFNIT und LÜDTKE (108) hergestellt haben, erzeugt innerhalb von 24 Stunden ein völliges Abwelken der Gurkenpflanzen. Abkochungen von Weizenkörnern blieben im Kontrollversuch ohne Einfluß auf die Pflanzen. Das Kulturfiltrat dieses Pilzes wirkt ausgesprochen giftig auf Wurzelhaare und Zellen des Rindenparenchyms. Die Plasmolysierbarkeit in Rohrzuckerlösung sowie die elektive Anfärbbarkeit mit dem Vitalfarbstoff Neutralrot geht in der angegebenen Zeit verloren. Symptome der parasitären Gurkenwelke im oberen Sproßabschnitt, insbesondere Verbräunungen, Thyllenbildung und Ausscheidung von gummiartigen Substanzen wurden nicht beobachtet. Kulturfiltrate eines zur Gewinnung von antibiotisch wirksamen Stoffen dienenden *Penicillium*-Stammes, den mir Frl. Dr. Gerstner zur Verfügung stellte, wirkten auf die Gurkenpflanzen nicht einheitlich. Während einige der Versuchspflanzen über Nacht völlig abwelkten und anschließend verdorrten, wurden an anderen Versuchspflanzen der gleichen Anzuchtreihe nur leichte chlorotische Verfärbungen festgestellt. Die Wurzelrindenzellen und die Wurzelhaare wurden jedoch in jedem Fall in Mitleidenschaft gezogen. Plasmoly-

sierbarkeit in Rohrzuckerlösung und elektive Vitalfärbung der Vakuole mit Neutralrot wurden herabgesetzt.

6. Einfluß von Temperatur und Licht auf das nichtparasitäre toxigene Welken

Die bisher aufgeführten Versuchsergebnisse haben fast durchgehend das Bild der Patulinwelke im Sinne von GÄUMANN (37) ergeben. Die Verbindungen greifen zuerst an den unmittelbar benachbarten Organen, den Wurzeln, am Hypokotyl und am Blattstiel an. Sie erweisen sich als reine Zellgifte, wie unsere plasmolytischen Untersuchungen am Wurzelrindenparenchym eindeutig bewiesen haben. Für die toxische Natur ihrer Wirksamkeit konnten wir experimentell durch zusätzliche Belastung der Wasserbilanz weitere Beweise erbringen. In mehreren Versuchsreihen wurden junge Gurken- und Kürbispflanzen nach Behandlung mit toxisch wirkenden Verbindungen dem direkten Sonnenlicht unvermittelt und kurzfristig ausgesetzt. Zur Versuchsmethode sei folgendes angeführt: Die Pflanzen wurden im Vierblattstadium in eine Aufschwemmung bzw. Lösung der welkeerzeugenden Stoffe gestellt. Als Kontrolle dienten normale Pflanzen der gleichen Anzuchtreihe in Leitungswasser, ferner Pflanzen, deren Wurzeln durch sprunghafte Deplasmolyse nach Vorplasmolysieren in 25 %iger Rohrzuckerlösung abgetötet worden waren. Nach Ablauf von 45 bis 60 Minuten, die zum Abtöten der Wurzeln auf dem Wege sprunghafter Deplasmolyse ausreichen, wurden die Pflanzen dem Sonnenlicht unmittelbar ausgesetzt, Vergleichspflanzen im schattierten Laboratorium aufgestellt. Die Abb. 2 zeigt einige Versuchspflanzen nach 20 Minuten währendem Aufenthalt im direkten Sonnenlicht (unten) sowie Vergleichspflanzen im Laboratorium (oben). Die in der Mitte sichtbaren Pflanzen stehen in Leitungswasser auf lebender Wurzel. Rechts und links davon befindet sich je eine Pflanze in 0,5 %igem Ruscalin (links) sowie Ruscalin 0,5 % mit Calciumchlorid 0,1 %. Die Abb. 2 zeigt das unterschiedliche Verhalten der Pflanzen im Schatten und im direkten Sonnenlicht in Abhängigkeit von der Gegenwart des Welkestoffes Ruscalin. Während die im Schatten befindlichen Laboratoriumspflanzen nach Ablauf

Abb. 2. Drei Kürbispflanzen im Schatten des Laboratoriums (oben) und im direkten Sonnenlicht (unten). Erläuterung im Text

von 24 Stunden ihre normale Turgeszenz beibehalten haben, weisen die in Ruscalinaufschwemmung eingesetzten Pflanzen die Symptome des toxigenen Welkens auf. Für das Welken der Ruscalinpflanzen in direktem Sonnenlicht muß somit eine toxische Komponente in Betracht kommen. In Einzelfällen wurde auch an deplasmolytisch behandelten Pflanzen Welken im direkten Sonnenlicht beobachtet, das jedoch nach Ablauf von 60 bis 90 Minuten völlig zurückging. Dieses Regulationsvermögen fehlt den mit Ruscalin behandelten Pflanzen stets. Wiederbelebung der erschlafften Organe nach Rückübertragung in Wasser und Schattierung tritt an den Ruscalinpflanzen nicht ein. Die dem direkten Sonnenlicht ausgesetzten Pflanzen verdorrten nach Ablauf weniger Stunden, im Schatten befindliche Pflanzen erst nach Ablauf einiger Tage. SCHWABE, H. SCHMIDT und KÜHNEMANN (114) heben die Empfindlichkeitssteigerung nach Exposition hervor.

Die auf reiner Hexa- bzw. kombinierten DDT-Hexa-Basis aufgebauten Kontaktinsektizide „Verindal", „Duplexan" und „Hexitan" unterschieden sich in ihrer Wirkung auf die Gurkenpflanzen prinzipiell nicht. Im Schutz der Schattierung blieben die Pflanzen 24 Stunden unbeeinflußt. Nach Exposition trat innerhalb von fünf Stunden Welke ein. Duplexan hatte nach fünfstündiger Insolation nur leichtes Erschlaffen des Sprosses zur Folge, während Verindal und Hexitan in gleicher Weise wie Ruscalin nach fünfstündiger Insolation völliges Welken verursachten. Gewisse Unterschiede in den einzelnen Versuchen finden darin ihre zwanglose Erklärung, daß die Versuche nicht immer gleichzeitig, d. h. unter übereinstimmenden Strahlungsverhältnissen durchgeführt werden konnten, sondern sich auf mehrere Tage verteilten.

Die untere Grenze der Wirksamkeit liegt für die untersuchten Hexa-Mittel in Abhängigkeit von der Transpirationsbelastung durch Exposition zwischen 0,05 % und 0,1 %. Eine scharfe Grenze ist auch bei Verwendung zahlreicher Versuchspflanzen nicht feststellbar, da einzelne Pflanzenindividuen sich abweichend verhielten. Im genannten Grenzbereich waren stets einige Pflanzen welk, während andere Pflanzen der gleichen Anzuchtsorte keine Welkeerscheinungen zeigten. In 0,1 % Hexitol, Ruscalin und Verindal traten nach Ablauf von 24 Stunden Welkeerscheinungen, bei 0,05 % Einschnürungen am Hypokotyl ein, während die Blätter ihre Turgeszenz aufrechterhielten. Bei gleichzeitiger zusätzlicher Belastung durch Exposition welkten einige Pflanzen, während andere teils Erschlaffungen teils Welkesymptome verbunden mit aufwärtsgerichteten Randeinrollungen zeigten. Im Grenzbereich der pathologischen Wirksamkeit traten ganz allgemein individuelle Unterschiede der Empfindlichkeit weit deutlicher hervor, als oberhalb der kritischen Konzentration. Im Hinblick auf die Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit konnten wir unsere Versuche nur auf einige weitere Welkestoffe ausdehnen. Unter ihnen sei die Wirkung des Sonnenlichtes auf die mit einem Derivat der Phenoxyessigsäure behandelten Pflanzen im Vierblattstadium angeführt. Diese Säure mit hormonähnlicher Wirksamkeit bedingt im Bereich von 0,5 % aufwärts ein Erschlaffen und Welken der Gurkenpflanzen nach Ablauf von 24 Stunden. Schwächere Lösungen hatten während

der angegebenen Zeitspanne keine Welke zur Folge, wenn die Pflanzen vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt wurden. Wurden die Pflanzen jedoch dem Sonnenlicht schutzlos preisgegeben, so trat bei einer Konzentration von 0,1 % in kurzer Zeit rasches Welken ein. Bei 0,05 % wurden nur leichte Einrollungen der äußersten Blattränder festgestellt. Für das hormonale Unkrautvertilgungsmittel „UT-10" liegt die untere Welkegrenze ohne zusätzliche Belastung zwischen 0,01 und 0,005 %. Für den Einfluß der Exposition auf mit UT-10 behandelten Pflanzen konnte jedoch aus technischen Gründen eine einwandfreie Welkegrenze bisher nicht beobachtet werden.

In 2 %igem Kalkarsen (2 g Kalkarsen, handelsübliches Präparat in 100 ccm Leitungswasser aufgeschwemmt und in diesem Zustand unmittelbar den Wurzeln geboten) blieben Gurkenpflanzen im Einblattstadium 24 Stunden lang frisch und welkten erst nach weiteren 24 Stunden. Bei gleichzeitiger Exposition trat jedoch Welke in irreversibler Form bereits nach einer Stunde ein. Die untere Welkegrenze liegt für das Kalkarsen etwa bei 0,2 %. Hier verhielten sich die Pflanzen ohne Rücksicht auf die Intensität und Dauer der Exposition sehr unterschiedlich. Einige Pflanzen welkten im direkten Sonnenlicht sehr rasch, andere zeigten keine oder nur geringe Welkesymptome. Deutlich reproduzierbare Unterschiede zwischen exponierten und schattierten Pflanzen traten nach Behandlung mit 0,2 %igem Kalkarsen nicht mehr hervor. Unterhalb dieses Grenzwertes haben wir ein Welken der Gurkenpflanzen nicht festgestellt.

Unsere Versuche mit toxisch wirkenden Stoffen bei gleichzeitiger zusätzlicher Belastung der transpirierenden Organe durch direkte Exposition haben gezeigt, daß der steile Turgeszenzabfall, äußerlich kenntlich am Welken, durch das Zusammenwirken heterogener Faktoren zustandekommen kann. Wie weit es sich um prinzipiell unterschiedliche Mechanismen der Wirksamkeit handelt, steht nicht fest. Wir wissen heute noch zu wenig über die Natur der toxischen Wirkungen, die wir an unseren Pflanzen beobachten konnten. Ebensowenig ist Sicheres über die Ursachen bekannt, die zu einem steilen Abfall der Turgeszenz nach plötzlicher Belichtung führen. An sich ist die Lichtturgorreaktion ein seit langem bekanntes Phänomen, das heute in erster Linie mit Änderungen der Permeabilität in Zusammenhang gebracht wird (Iwanoff und Thielmann, 58; Tröndle, 136). In einem noch unveröffentlichten, von H. Engel auf der Tagung der Deutschen Botanischen Gesellschaft in Hamburg 1953 gehaltenen Referat wurde hervorgehoben, daß auch andere Deutungsmöglichkeiten gegeben sind. Auf Grund neuerer Arbeiten wird ein Zusammenhang mit dem Energieniveau der lebenden Zellen — kenntlich an der Höhe des Redoxpotentials in Gewebeaufschwemmungen — angenommen. Es wurde festgestellt, daß das Redoxpotential von Gewebebreiaufschwemmungen nach Belichtung sehr empfindlich im Sinne einer Negativierung nach vorübergehendem kurzfristigen Übergang zu positiven Werten reagiert. Andererseits ist für den Wirkungsmechanismus der Welketoxine ein Zusammenhang mit dem Energie-

niveau der Zellen bekanntgeworden. Es bleibt daher zu überprüfen, ob das Zusammenwirken welkeerregender Stoffe bei gleichzeitiger Exposition letzten Endes auf einen gemeinsamen Nenner gebracht werden kann, der im Energieniveau der Zelle und seinen Schwankungen unter dem Einfluß der Exposition verankert ist. Es lag nicht im Sinne unserer orientierenden Versuchsanstellung, diesen Zusammenhängen nachzugehen. Wir dürfen jedoch in fortgeführten Untersuchungen über die physiologischen Grundlagen des toxigenen Welkens die hier angedeuteten Beziehungen nicht unberücksichtigt lassen. Es bleibt insbesondere zu prüfen, wie weit individuelle Unterschiede der Empfindlichkeit auf Unterschiede im Redoxpotential der betroffenen Zellen zurückgeführt werden können. Neben der Strahlenwirkung darf auch die Temperatursteigerung der Organe nicht vernachlässigt werden (GÄUMANN, 38, MUTH, 85). In Anlehnung an die in der gärtnerischen Praxis wiederholt beobachteten spontanen Welkevorgänge unter dem Einfluß unvermittelter Temperatursprünge haben wir unseren Versuchen über welkeerzeugende Stoffe eine orientierende Bearbeitung des sogenannten „kalten Fußes" angeschlossen. Aus technischen Gründen mußten wir uns auf die Berücksichtigung einer Temperaturspanne beschränken, die Wärmegrade dicht oberhalb des 0° C-Punktes umfaßt. Der in der Praxis nicht selten auftretende kritische Temperaturbereich um + 10° C, der erfahrungsgemäß Gurkenpflanzen erheblich schädigen kann, konnte in unseren Versuchen bisher nicht berücksichtigt werden. Es ist jedoch notwendig, zur Klärung der vorliegenden Frage die Untersuchungen über das Zusammenwirken von toxischen Substanzen und Temperaturerniedrigung auch auf den genannten Bereich auszudehnen.

Methodik

Gurken- und Kürbispflanzen im Vier- bis Sechsblattstadium, in üblicher Weise angezogen, wurden mit dem Wurzelwerk in Eiswasser gestellt. Als Wärmeisolierung dienten 3/4 Liter fassende Thermosflaschen, die zur weiteren Sicherung gegen Temperaturausgleich mit einem Mantel von Eiswasser gemäß den Abb. 4 bis 7 umgeben wurden. Auf diesem Wege konnten Gurkenwurzeln mehrere Stunden, selbst bei voller Sonneneinstrahlung, bei einer konstanten Temperatur um 0° C gehalten werden.

Bekanntlich reagieren Cucurbitaceen auf Temperatursenkungen in der Wurzelzone empfindlich (LUNDEGARDH, 76). Sprunghafte Temperaturerniedrigungen bedingen allgemein eine Erhöhung des Filtrationswiderstandes und damit eine Erschwerung der Wasserversorgung, die durch aktive Saugung der oberirdischen Organe nicht ausgeglichen werden kann (BODE, 9; DÖRING, 24; FUCHS, 34, 35; NITSCHE, 87; ROUSCHAL, 103; SCHAFFNIT und LÜDTKE, 107; SCHAFFNIT und WILHELM, 109). Die Auswirkungen von Temperaturschocks auf die Lebensfähigkeit der Wurzelrindenzellen und der Wurzelhaare wurden jedoch bisher nicht beschrieben. Wir fanden auf plasmolytischem Wege unter Verwertung des Vitalfarbstoffes Neutralrot nach einstündigem Aufenthalt in Eiswasser regelmäßig ein Absterben der Wurzeln zweiter und dritter Ordnung, während die Wurzeln erster Ordnung in Eiswasser anfänglich relativ wenig geschädigt wurden. Die abgestorbenen

Wurzelpartien, kenntlich am Verlust der Plasmolysierbarkeit und an der diffusen Einlagerung des Vitalfarbstoffes in die Zellwände unter Ausschluß des Zellinhaltes, waren unregelmäßig über das Wurzelsystem verteilt, wie Abb. 3 zeigt. (Verteilung abgestorbener und plasmolysierbarer Wurzelpartien nach einstündigem Aufenthalt in Eiswasser bei 0° C.) Die oberirdischen Organe reagierten auf den unvermittelten Temperaturschock im Wurzelbereich sogleich mit Welken und Erschlaffen der Sproßachse und der Blätter (Abb. 4, oben). In erster Linie wurden die unteren, ältesten Blätter betroffen. In akropetaler Richtung ließ die Wirkung des Kälteschocks deutlich nach. Die Plumula zeigte nur undeutliches Welken. Nach Ablauf von 24 Stunden richteten sich die Sprosse allgemein wieder auf (Abb. 4, unten). Nur die irreversibel geschädigten und verdorrten ältesten Blätter konnten ihre normale Turgeszenz nicht wiedererlangen und wurden abgeworfen.

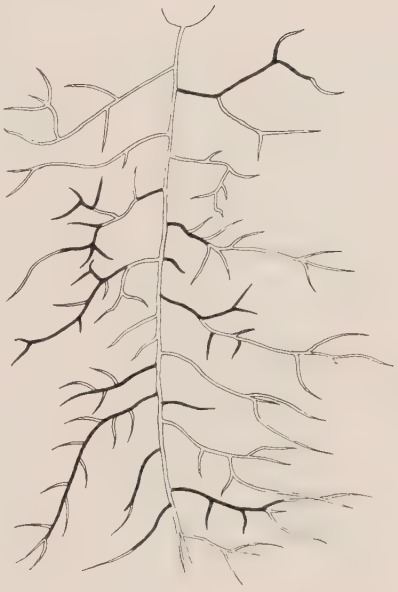


Abb. 3. Wurzelsystem einer Gurkenpflanze nach einstündigem Aufenthalt in Eiswasser bei 0° C. Schwarz = abgestorbene Partien, weiß = lebende Partien. Erläuterung im Text

Es ist somit bewiesen, daß ein irreversibles Welken der Gurkenpflanzen durch Einstellen in Eiswasser nicht durchgehend auftritt. Wir nehmen an, daß die kolloidchemisch bedingte Erhöhung des Filtrationswiderstandes nach plötzlicher Temperaturerniedrigung anfänglich eine Erschwerung der Wasseraufnahme bedingt, die nach wenigen Stunden zum Welken der Pflanze führt (Fuchs, 35, vgl. auch Wilhelm, 139). Nach Absterben der Wurzelrindenzellen kann die normale Wasserbilanz durch aktive Saugung der Blätter wieder hergestellt werden, da die abgetöteten Wurzeln der Wasseraufnahme keinen Widerstand mehr entgegensetzen. Hierfür

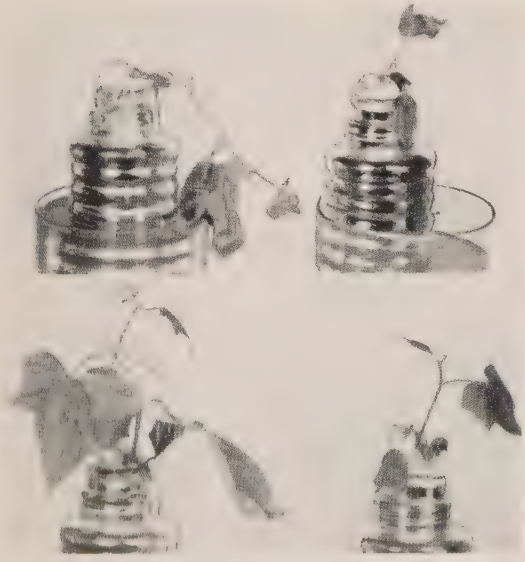


Abb. 4. Verhalten von Gurkenpflanzen in Eiswasser bei 0° C. Erläuterung im Text

Abb. 5. Verhalten von Gurkenpflanzen in 0,5 %iger Aufschwemmung von Ruscalin bei 0° C. Erläuterung im Text

spricht auch die Tatsache, daß in Eiswasser welkende Pflanzen wieder frisch werden, wenn man sie von der Wurzel abtrennt und in Eiswasser stellt. Wie weit diese Vorstellungen zutreffen, bedarf weiterer Klärung. Abtöten der Wurzeln durch Plasmolyse in Rohrzuckerlösung und anschließender sprunghafter Deplasmolyse ermöglicht der Pflanze, selbst nach Einstellen in Eiswasser durch aktive Saugung den erforderlichen Wasserbedarf zu decken. In diesem Fall tritt Welke überhaupt nicht ein. Es interessierte nach diesen Vorversuchen, zu erfahren, welchen Verlauf das Welken der Gurkenpflanzen nach Einwirkenlassen welkeerregender Stoffe bei gleichzeitiger Abkühlung nimmt. Wir ließen 0,5 %ige Aufschwemmungen von Ruscalin, die auf 0° C abgekühlt wurden, auf Gurkenpflanzen im Vier- bis Sechsblattstadium einwirken. Am Tage nach der Behandlung zeigten die Pflanzen noch eine normale Turgeszenz (Abb. 5, oben). Die Wurzeln waren durch das Hexamittel Ruscalin abgetötet worden. Am darauffolgenden Tage traten an den oberirdischen Organen die Kennzeichen einer beginnenden Intoxikation auf. Die Pflanzen begannen in verschieden starkem Maße zu welken, wie Abb. 5, unten, zeigt. Bei einigen Pflanzen hingen die Sprosse schlaff herab, die Blattstiele schrumpften auf Bindfadenstärke zusammen, die Blätter verdorrten. Andere Pflanzen der gleichen Versuchsreihe zeigten nur leichtes

Abb. 6. Verhalten von Gurkenpflanzen in Ruscalin 0,5 % bei 18 bis 20° C. Erläuterung im Text

Erschlaffen ohne typische Welke. Zwischen diesen beiden Extremen wurden zahlreiche Übergänge festgestellt. Auch bei Zimmertemperatur blieben nach Ruscalineinwirkung die Pflanzen zunächst turgeszent (Abb. 6, oben). Am darauffolgenden Tage wurden Welkesymptome in allen Abstufungen in gleicher Weise wie an den in Eiswasser gestellten Pflanzen festgestellt (Abb. 6, unten). Eine Deutung für das Zusammenwirken von Welkestoff und Temperaturschock während der ersten 48 Stunden nach Versuchsbeginn sehen wir darin, daß zunächst ein Absterben der Wurzeln durch das Toxin erfolgt. Hierdurch wird dem Sproßsystem die Möglichkeit einer ausreichenden Wasserversorgung durch aktive Saugung ungeachtet der Temperaturerniedrigung ermöglicht. Die Gurkenpflanzen bleiben daher zunächst frisch und turgeszent; nach längerer Einwirkung des Toxins tritt dann Welke als Folge einer Intoxikation ein.

Aus Abb. 7 sind die hier geschilderten Zusammenhänge ersichtlich. Die erste Pflanze von links nach rechts zeigt jeweils das Verhalten in Ruscalin 0,5 % bei einer Temperatur von 0° C im Wurzelbereich. Die Pflanzen sind am ersten Tage nach Versuchsbeginn voll turgeszent, die Wurzeln abgetötet; am zweiten Tage sind die Pflanzen bereits leicht angewelkt, am dritten Tage verwelkt.

Die zweite Pflanze von links nach rechts, in Eiswasser gestellt, zeigt am Tage nach Versuchsbeginn Welke auf größtenteils lebender Wurzel. Am zweiten Tage tritt normale Turgeszenz auf abgetöteter Wurzel auf, am dritten Tage zeigen sich keine Veränderungen. Die dritte Pflanze von links nach rechts, in Ruscalin 0,5 % bei 20° C aufgestellt, zeigt am ersten Tage normale Turgeszenz auf abgetöteter Wurzel, am zweiten Tage beginnendes

Abb. 7. Übersicht des Verhaltens von Gurkenpflanzen in Ruscalin 0,5 % bei 0° C und bei 18 bis 20° C. Oben nach 24 Stunden, Mitte nach 48 Stunden, unten nach 72 Stunden. Erläuterung im Text

Welken, am dritten Tage völliges Verwelken im Gefolge einer Intoxikation durch das Ruscalin. Die vierte Pflanze von links nach rechts, in Leitungswasser bei 20° C als Kontrollpflanze aufgestellt, zeigt unveränderte Turgeszenz für die Dauer des Versuches.

Versuche zu Kürbis im Vierblattstadium, die in gleicher Weise wie die geschilderten Gurkenversuche in Thermosflaschen unter Verwendung von 0,5 % Ruscalin angesetzt wurden, führten zu folgenden Ergebnissen:

1. Kürbispflanzen in Ruscalin 0,5 % bei 0° C: Am ersten Tage nach Versuchsbeginn unveränderte Turgeszenz auf toter Wurzel, am zweiten Tage keine Änderungen, am dritten Tage nach Versuchsbeginn stellen sich die ersten Welkeerscheinungen ein. Unter acht Versuchspflanzen waren drei völlig welk, eine im Stadium der beginnenden Welke, vier normal turgeszent. Dieses unterschiedliche Verhalten einzelner Individuen änderte sich bis zum fünften Versuchstage nicht. Am sechsten Tage waren sechs Pflanzen völlig gewelkt, zwei noch turgeszent, jedoch mit leichten chlorotischen Flecken. Am siebenten Tage nach Versuchsbeginn waren alle Pflanzen gewelkt, die Blattfläche zeigte eine leichte Chlorose.

2. Kürbispflanzen, in Eiswasser bei 0° C gestellt, reagierten während der siebentägigen Versuchsdauer nicht. Sämtliche Pflanzen behielten ihre normale Turgeszenz. Die Wurzeln erfroren abschnittsweise, wie bereits für die Gurke dargelegt wurde.

3. Kürbis in Ruscalin 0,5 % bei 20° C: Die Pflanzen zeigten bis zum sechsten Tage nach Versuchsbeginn ein wechselndes Verhalten. Während einige Individuen bereits nach zwei Tagen stark welkten, traten in anderen Fällen erst am dritten Tage Symptome einer beginnenden Turgeszenzabnahme ein. Am siebten Tage nach Versuchsbeginn waren alle Pflanzen gewelkt.

4. Kontrollpflanzen in Leitungswasser bei Zimmertemperatur erfuhren für die Dauer des Versuches keine Änderungen der Turgeszenz. Prinzipiell konnten somit am Kürbis die gleichen Ergebnisse gewonnen werden wie mit Gurkenpflanzen, doch stellten sich die Welkeerscheinungen zu einem späteren Zeitpunkt ein. Auch hier reagierten einzelne Pflanzen auf Ruscalingaben bei gleichzeitiger Abkühlung recht unterschiedlich. In Eiswasser trat im Gegensatz zum Verhalten der Gurken eine Welke nicht ein. Damit ist gezeigt, daß selbst ein extrem kalter Fuß nicht immer zum Welken führt.

7. Untersuchungen an blühreifen Pflanzen

Die vorstehend geschilderten Versuchsergebnisse an jungen Gurken- und Kürbispflanzen im Vier- bis Sechsblattstadium haben wir durch Versuche an älteren, blühreifen Pflanzen ergänzt. Wir beschränkten uns aus technischen Gründen auf die Behandlung blühender Gurkenpflanzen, mit Aufschwemmungen von Hexa-Mitteln unter Berücksichtigung der Temperatur. Die in Mitscherlichgefäßen in einer Tiefe von 5 bis 8 cm gemessenen Bodentemperaturen lagen nach dem Angießen mit normal temperiertem Gießwasser bzw. Hexa-Aufschwemmungen im Bereich um 20° C, nach dem Angießen mit

eisgekühlten Aufschwemmungen des betreffenden Mittels zwischen 13 und 20 ° C.

Die vorliegende Versuchsanstellung weicht somit in folgenden Punkten wesentlich von der bisher geschilderten ab:

1. Die Pflanzen befanden sich im Stadium der Blühreife.
2. Die Behandlung erfolgte nicht durch Einstellen in wässerige Aufschwemmungen, sondern durch Angießen der Anzuchterde.
3. Die wirksamen Konzentrationen der Welkestoffe lagen weit unter denen der bisherigen Versuche.
4. Die welkeerzeugenden Stoffe gelangten nicht in reiner Aufschwemmung sondern in enger Verbindung mit der Anzuchterde zur Auswirkung.
5. Die Pflanzen verweilten für die Dauer der Versuchsanstellung im Gewächshaus unter völlig abweichenden Wachstumsbedingungen, insbesondere unter abweichenden Temperatur-, Belichtungs- und Luftfeuchtigkeitsverhältnissen.

Die Versuche konnten daher unter den gänzlich abgewandelten Bedingungen erwartungsgemäß nicht zu gleichen Ergebnisen führen, wie die mit jungen Gurkenpflanzen im Laboratorium gewonnenen. Ein auffallender Gegensatz trat insbesondere bezüglich der Wirkung der Hexa-Mittel selbst zutage. Während das Ruscalin nach fünf- bis sechstägiger Versuchsdauer eine beginnende, dann schnell fortschreitende Welke auslöste, blieben die übrigen Hexa-Mittel ohne Wirkung auf die Turgeszenz. Es stellten sich vielmehr leichte Chlorosen der Interkostalfelder ein, die erst im Laufe mehrerer Wochen ganz oder teilweise ein Verdorren im Gefolge hatten. Blattstiel und Sproßachse wurden nicht beeinflußt.

Der Ablauf der Ruscalinwelke geht im einzelnen aus den beigefügten Abbildungen hervor. Nach Angießen (je 500 ccm 0,5 %ige Ruscalinaufschwemmung auf 6 kg Versuchsfelderde) traten innerhalb von fünf bis sechs Tagen die ersten Welkesymptome ein (Abbildung 8). Zunächst knickten die Blattspreiten der untersten

Abb. 8. Blühende Gurkenpflanzen unter der Einwirkung von Ruscalin. Links: Anfangsstadium der Welke, rechts: fortgeschrittene Welke, Mitte: unbehandelte Kontrollpflanze. Erläuterung im Text

ältesten Internodien in charakteristischer Weise ein, wie Abb. 8 veranschaulicht. Die weiter oben inserierten Blätter blieben anfänglich turgeszent, auch der Sproßgipfel wurde nicht beeinflußt. Gelegentlich traten chlorotische Verfärbungen der Interkostalfelder auf. Nicht alle Versuchspflanzen reagierten gleichartig und gleichzeitig, im allgemeinen aber kamen die bezeichneten Primärsymptome an allen Versuchspflanzen einheitlich zur Entwicklung. Verfärbungen an der Sproßbasis wurden nicht festgestellt.

In einem fortgeschrittenen Stadium greift die Welke auch auf höher inserierte Blätter über. Die Blattstiele neigen sich leicht herab, die Spreiten der untersten Blätter sinken zusammen, während die Sproßspitze mit ihren jungen Blattanlagen in gleicher Weise wie die zahlreichen Ranken unbeeinflußt bleiben (Abb. 8, rechts). Nach weiteren ein bis zwei Tagen bricht dann das ganze Sproßsystem schlagartig mit den Symptomen der Apoplexie zusammen. Der Sproß hängt schlaff am Stützpfahl herab. Sämtliche Blätter und Ranken sowie die Blattstiele verwelken und verdorren einschließlich der Sproßspitze. So resultiert nach Ablauf von acht Tagen das typische Bild der fortgeschrittenen fusariösen Gurkenwelke (vgl. KOTTE, 67, Abb. Nr. 142, S. 192). Jüngere Pflanzen mit einem Altersunterschied von 14 Tagen sind weit empfindlicher als ältere, im Stadium der Blühreife befindliche. Abb. 9 zeigt von links nach rechts eine junge Pflanze fünf Tage nach Behandlung mit Ruscalin (0,5 %ige Aufschwemmung, 500 ccm auf 6 kg Erde als einmalige Gabe), in der Mitte eine ältere blühreife Pflanze, in gleicher Weise mit Ruscalin behandelt, ganz rechts eine unbehandelte Kontrollpflanze. Die fortgeschrittene Welke der jungen Pflanze ist im Vergleich zu dem älteren Exemplar deutlich erkennbar. Regelmäßig beobachtet man an jüngeren Pflanzen eine Einschnürung am Hypokotyl, die leicht zu einem Umknicken der Pflanze führt.

Abb. 9. Wirkung von Ruscalin auf Gurkenpflanzen in verschiedenen Entwicklungsstadien. Erläuterung im Text

Untersuchungen an Wurzelquerschnitten sowie an Querschnitten durch die untersten Internodien erbrachten den Nachweis, daß die äußerlich hervortretende Welke regelmäßig von anatomischen Veränderungen im Bereich der Fernleitungsbahnen begleitet wird, die eine auffallende Ähnlichkeit mit den durch Fusarien und Bakterien hervorgerufenen Symptomen zeigen (VAN KOOT, 63, 64; HUBERT, 57; s. auch Abb. 10 aus LEACH, 72). Die Netztracheen des Wurzelhalses und der untersten Sproßinternodien waren auf große Strecken von braunen gummösen Massen erfüllt, ihre

Wände in charakteristischer Weise verbräunt. Allgemein wurde oberhalb dieser gummösen Barrikade lebhafte Thyllenbildung festgestellt. Die Verbräunungen der Netz- und Spiraltracheen reichten bis in die Wurzeln zweiter und dritter Ordnung hinein. Die Verstopfungen reichten oft bis ins fünfte Sproßinternodium hinauf. In Plasmolyseversuchen unter Verwendung des Vitalfarbstoffes Neutralrot wurde die irreversible Schädigung des Wurzelrindenparenchyms einwandfrei festgestellt.

Querschnittsbilder zeigten ferner, daß die geschilderten Veränderungen im Bereich der Fernleitungsbahnen den äußerlich sichtbaren Welkesymptomen zeitlich vorangehen. Bereits vor Ablauf der Inkubationszeit wurden folgende Veränderungen im Bereich der Gefäße festgestellt: intensive Verbräunungen, vereinzelt Thyllenbildung im Wurzelhals, Verbräunungen der Gefäßwände und Thyllenbildung im ersten Internodium, vereinzelt Thyllen im zweiten und dritten Internodium. Die Wurzelfunktionsprüfung ergab in jedem Fall Verlust der Plasmolysierbarkeit und und elektiven Speicherfähigkeit für den vorliegenden Vitalfarbstoff.

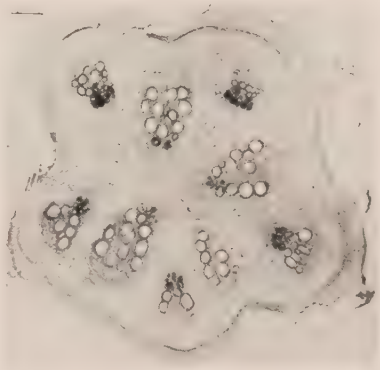


Abb. 10. Bakterielle Gurkenwelke, hervorgerufen durch *Erwinia tracheiphila* (Querschnittsbild, entnommen aus LEACH)

Die übrigen von uns geprüften einfachen und kombinierten Insektizide: Arbitex, Hexitan, Hexitol, Verindal, Duplexol, die sichtbare Welkesymptome im vorliegenden Konzentrationsbereich nicht verursachten, hatten nur in Sonderfällen Verbräunungen der Netztracheen im Wurzelhals und Thyllenbildung im Bereich der beiden untersten Internodien zur Folge. Das Wurzelsystem wurde jedoch in jedem Fall durch die genannten Mittel abgetötet. Die durch Ruscalinbehandlung hervorgerufenen Veränderungen im Wurzelhals und in den ersten Internodien stimmen in allen Einzelheiten mit den Symptomen der parasitären Tomaten-, Gurken- und Baumwollwelke überein. Charakteristisch sind in jedem Falle Verbräunungen der Gefäßwände, Verstopfungen durch gummöse Exsudate und Verthyllungen. Für die parasitäre (fusariöse) Welke sind ferner Hyphenansammlungen im Gefäßlumen kennzeichnend. In unseren mit Ruscalin durchgeführten Versuchen wurden jedoch Hyphen trotz elektiver Anfärbung mit Baumwollblau an keiner Stelle des Sproß- und Wurzelsystems festgestellt. Sämtliche Kontrollpflanzen blieben für die Dauer der Versuchsanstellung im Zustand normaler Turgeszenz. Es unterliegt daher keinem Zweifel, daß die an ruscalinbehandelten Pflanzen beobachteten Veränderungen auf die Wirkung des Welketoxins allein und nicht auf die Mitwirkung einer parasitären Komponente zurückzuführen sind.

Unter welchen Voraussetzungen die charakteristischen Symptome der parasitären Welke an ruscalinbehandelten Gurkenpflanzen regelmäßig auf-

treten, konnten wir in Anbetracht technischer Schwierigkeiten während der Vegetationsperiode 1953 nicht mehr untersuchen. Wir konnten lediglich feststellen, daß eine Temperaturerniedrigung, die in unseren Versuchen bis ± 13 ° C herabreichte, eine Vorverlegung des Welkebeginns um ein bis zwei Tage zur Folge hatte. Im einzelnen wurde an Versuchspflanzen, deren Zahl für eine kritische Verwertung des Temperatureinflusses nicht ausreicht, eine recht unterschiedliche Reaktion beobachtet. Eine Klärung der Zusammenhänge wird erst nach Verarbeitung eines größeren Versuchsmaterials möglich sein. Es erübrigt sich daher, an dieser Stelle auf unsere mit abgekühlten Ruscalinaufschwemmungen erzielten Resultate einzugehen. Verwiesen sei auf die Untersuchungen von ZOGG (142) über den Einfluß der Temperatur auf die Entstehung gummöser Barrikaden unter dem Einfluß von Pilztoxinen.

Die geschilderten Kennzeichen der Ruscalinwelke entsprechen, wie betont, den Symptomen der parasitären Welke. Im einzelnen muß jedoch auf Abweichungen hingewiesen werden. Während die fusariöse Gurkenwelke in der Regel zunächst an der Sproßspitze sichtbar wird, treten primäre Schäden nach Ruscalinbehandlung nie an der Sproßspitze, sondern stets an den untersten Internodien hervor. Hier muß berücksichtigt werden, daß auch die äußerlich sichtbaren Symptome der parasitären Welke je nach der systematischen Zugehörigkeit des Erregers Abwandlungen zeigen können. So beschreibt KOSSWIG (65) unterschiedliche Symptome, die durch Fusarien der *Elegans-* und *Martiella*-Gruppe hervorgerufen werden. Für die *Tracheiphilus*-Welke, hervorgerufen durch *Erwinia tracheiphila* (E. F. Smith), gilt, daß die primären äußeren Symptome jeweils in der Nachbarschaft der Infektionsstelle aufzutreten pflegen (WALKER, 137).

Ein rhythmisches diurnales Welken wird allgemein als Kennzeichen einer parasitären Gurkenwelke angesehen (vgl. KOTTE, 67). KOSSWIG (65) hat diese Vorgänge für die durch die *Elegans*-Gruppe hervorgerufene Welke dargestellt. Wir haben in unseren Versuchen mit ruscalinbehandelten Gurkenpflanzen des blühreifen Stadiums einen Rhythmus dieser Art nicht beobachtet. Es ist jedoch denkbar, daß kurzwellige, zeitliche Schwankungen der Hydratur vom Beobachter übersehen wurden.

Unter Berücksichtigung der aufgeführten Befunde können wir festhalten, daß wir der parasitären, fusariösen oder bakteriellen Gurkenwelke eine nichtparasitäre an die Seite stellen können. Charakteristisch ist für beide Formen der Welke das Auftreten gummöser Barrikaden und Verthyllungen im Lumen der Fernleitungsbahnen, verbunden mit Verbräunungen der Gefäßwände. In dieser Hinsicht unterscheidet sich das toxigene, durch Parasiten einerseits und durch Ruscalin andererseits bedingte Welken von dem durch Lycomarasmin an Tomaten hervorgerufenen Krankheitsbild, dessen primärer toxischer Wirkungsbereich spezifisch auf das interkostale Blattparenchym beschränkt ist (GÄUMANN, 37; SCHEFFER und WALKER, 110). Die Ruscalinwelke der Gurke entspricht symptomatologisch weit mehr dem Bild der typischen Fusariumwelke, als die an Tomaten mit Lycomarasmin auftretenden pathogenen Veränderungen.

Im Anschluß an unsere Versuche mit eingetopften Pflanzen wurden blühreife, im Freiland angezogene Gurkenpflanzen der Sorte „Delikatess" mit verschiedenen Welkestoffen behandelt. Ein Welken der Sprosse wurde nach Behandeln mit hormonalen Substanzen, Salzen, wie Mangansulfat, Kalkarsen und Hexamitteln, in den bezeichneten Konzentrationen nicht erzielt. Sämtliche Pflanzen behielten bis zum natürlichen Abreifen der Sprosse ihre normale Turgeszenz. Anatomische Veränderungen traten nur selten in Form von Verthyllungen und Verbräunungen der Gefäßwände im Wurzelhals hervor, namentlich nach Behandlung mit Derivaten der Phenoxyessigsäure, mit verschiedenen Hexamitteln und Mangansulfat. Völlig wirkungslos waren das Unkrautvertilgungsmittel UT-10 und das Hexamittel Arbitex. Untersuchungen über den Grad der Schädigung des Wurzelparenchyms konnten aus technischen Gründen nicht mit der erforderlichen Exaktheit durchgeführt werden.

8. Schlußfolgerungen für die gärtnerische Praxis

Die Praxis des Gurkenbaues im Gewächshaus, im Kasten und im Freiland kann aus den hier geschilderten Versuchsergebnissen schließen, daß bestimmte chemische Präparate des Pflanzenbaues und des Pflanzenschutzes das Wurzelrindenparenchym und die Wurzelhaare der Gurken erheblich schädigen. Die Folge sind krankhafte Veränderungen im Bereich der oberirdischen Organe, die schließlich den Tod der Pflanzen durch Welken und Verdorren herbeiführen. Je nach der chemischen Zusammensetzung der in den Boden eingebrachten toxischen Substanzen können Krankheitssymptome an der Gurkenpflanze auftreten, die der fusariösen und bakteriellen Welke mehr oder weniger täuschend ähnlich sind. Nicht jede Gurkenwelke ist somit parasitären Ursprungs.

Bevor prophylaktische Maßnahmen gegen das Auftreten der Welke in Erwägung gezogen werden, ist es notwendig, die Ursachen der Erkrankung unter Berücksichtigung der in diesem Aufsatz dargelegten Versuchsergebnisse zu klären. Die Frage, wie weit Boden- und Witterungsfaktoren in extremen Fällen zu welkeartigen Erkrankungen Anlaß geben, kann allgemein nicht beantwortet werden. Wir wissen, daß die stark phytotoxisch wirksamen hormonalen Unkrautbekämpfungsmittel und synthetische Kontaktinsektizide auf Hexabasis im Boden unzersetzt verweilen können, ohne ihre giftigen Eigenschaften einzubüßen. Ihre Toxizität ist jedoch an bestimmte Boden- und Witterungsverhältnisse gebunden, über deren Natur bisher nur wenig bekannt ist. Hier müssen weitere experimentelle Untersuchungen zur Frage der phytotoxischen Wirkungsbreite dieser Verbindungen einsetzen. Insbesondere ist den Hexamitteln Beachtung zu schenken, die zur Bekämpfung verschiedener Insekten hervorragend geeignet sind (vgl. Behr, Klinkowski und Nolte, 6, und Klinkowski, 61).

Zusammenfassung

1. Eine Reihe chemischer Verbindungen, zu denen bekannte Präparate des Pflanzenbaues und des Pflanzenschutzes rechnen, ruft Schäden an Gur-

kenkulturen hervor, wenn sie in entsprechender Dosis den Wurzeln geboten werden. Es treten Symptome auf, die denen der parasitären Welke nahezu vollkommen gleichen.

2. Die von uns geprüften Stoffe können sich bei unsachgemäßer Handhabung im Boden oder in der Anzuchterde anreichern. Dies gilt insbesondere für den Kalkstickstoff und seine phytotoxischen Abbauprodukte, das Cyanamid und das freie Ammoniak, ferner für die der Unkrautbekämpfung dienenden hormonalen Substanzen und einige synthetische Kontaktinsektizide, die u. a. zur Bodenentseuchung verwendet werden.
3. Die geprüften Substanzen wirken unter den gegebenen Versuchsbedingungen ausgesprochen schädigend auf das Wurzelrindenparenchym und die Wurzelhaare.
4. Unmittelbare Folgen sind Störungen der Wasserbilanz, insbesondere nach zusätzlicher Belastung durch direkte Exposition oder Temperaturschocks im Wurzelbereich. In Sonderfällen treten toxigene Veränderungen im Bereich der Fernleitungsbahnen, verbunden mit einer Blockierung des Wassernachschubes hinzu, die zu schlagartigem, apoplektischen Welken und Verdorren führen.
5. Unter den geprüften synthetischen Kontaktinsektiziden läßt das Ruscalin, ein auf Hexabasis hergestelltes Gemisch verschiedener physiologisch aktiver Isomeren an blühreifen, eingetopften Gurkenpflanzen typische phytotoxische Auswirkungen im Bereich der Sproßachse erkennen, die der Pathogenese einer fusariösen Welke weitgehend entsprechen. Das Abwelken im Gefolge jener pathogenen Reaktion schließt sich symptomatologisch der *Tracheiphilus*-Welke an.
6. Die Frage nach der Existenz einer nicht auf parasitären Angriff zurückgehenden spezifischen Gurkenwelke ist symptomatologisch einwandfrei gestellt und auf Grund der geschilderten Versuchsergebnisse zu bejahen.
7. Wie weit Bodenfaktoren und Witterungsverhältnisse neben einer unspezifischen Wasserbilanzkrise das Entstehen einer nichtparasitären spezifisch toxigenen Gurkenwelke fördern oder hemmen, bedarf weitgehender Klärung. Es wird auf die Abhängigkeit phytotoxischer Wirkungen synthetischer Handelspräparate des Pflanzenbaues und des Pflanzenschutzes von äußeren und inneren Faktoren hingewiesen.

Literaturverzeichnis

1. AHMET, H.: Untersuchungen über Tracheomykosen. Phytopath. Z. 6, 49—101, 1933.
2. ALBRECHT, H. R.: Strain differences in tolerance to 2,4-D in creeping bent grasses. J. amer. soc. agron. 39, 163—165, 1947.
3. ARENZ, B. und SCHRÖPPEL, H.: Über die Auswirkung einer Cyanamidernährung von Kartoffelpflanzen auf den Besatz mit Kartoffelkäferlarven. Z. Pflanzenkrankh. 59, 334—339, 1952.
4. BARTON, L. V.: Toxicity of ammonia chlorine, hydrogene cyanide, hydrogene sulphide, and sulphur dioxide gases. IV. Seeds. Contrib. Boyce Thompson inst. 11, 357—363, 1940.

5. Bayer-Werke, Leverkusen: Pflanzenwuchsstoffe als Unkrautbekämpfungsmittel. Leverkusen 1952.
6. Behr, L., Klinkowski, M. und Nolte, H.-W.: Der Pflanzenschutz im Gemüsebau. Schriftenreihe Dtsch. Akad. Landwirtschaftswiss. Berlin f. d. landw. Produktionsgenossenschaften, H. 27, 1953.
7. Bertossi, F. und Ciferri, R.: Contributo alla conoscenza dell'attività fitoinibitoria del γ-esaclorocicloesano. Atti ist. bot. ecc. Pavia, ser. 5, **8**, 129—139, 1950.
8. Blackman, G. E.: Selective phytotoxicity of synthetic growth regulators in wheats, oats, and barley. Nature **169**, 229—230, 1952.
9. Bode, H. R.: Beiträge zur Dynamik der Wasserbewegung in den Gefäßpflanzen. Jb. wiss. Bot. **62**, 92—127, 1923.
10. Böning, K.: Versuche zur Bekämpfung von Keimlingskrankheiten und Wurzelbrand des Tabaks in den Anzuchtbeeten mit chemischen Mitteln. Z. Pflanzenkrankh. **45**, 385—415, 1935.
11. Bradbury, D. und Ennis, W. P.: Stomatal closure in kidneybean plants treated with ammonium 2,4-dichlorphenoxyacetate. Amer. J. Bot. **39**, 324—328, 1953.
12. Bredemann, G. und Radeloff, H.: Über Schädigung von Pflanzen durch Ammoniakgas und ihren Nachweis. Z. Pflanzenkrankh. **42**, 457—465, 1932.
13. Broekhuizen, S.: Wondreacties van hout. Het ontstaan van thyllen en wondgom, in het bizonder in verband met de iepenziekte. Diss. Univ. Utrecht 1929.
14. Brooks, W. and Anderson, L. D.: Foliage injury by BHC. J. econ. ent. **40**, 220—228, 1947.
15. Brown, A. W. A.: Insect control by chemicals. London 1951.
16. Brünig, E.: Die Wirkungsart des Hexachlorcyclohexans (HCH) auf das Wachstum von Nadelholzpflanzen bei Anwendung des HCH als Bodenbegiftungsmittel. Diss. Univ. Göttingen 1952.
17. Carruth, L. A. und Howe, M. L.: Chlorinated hydrocarbons and cucurbit foliage. J. econ. ent. **41**, 352—355, 1948.
18. Ciferri, R.: Symptomatology of virus diseases induced in cocoa by 2,4-D treatment. Nature **163**, 880, 1949.
19. Clauson-Kaas, N., Plattner, A. und Gäumann, E.: Über ein welkeerzeugendes Stoffwechselprodukt von *Fusarium lycopersici* Sacc. Ber. Schweiz. bot. Ges. **54**, 523—528, 1944.
20. Crocker, W.: Growth of plants. New York 1948.
21. Dame, F.: Getreideschäden durch unsachgemäße Anwendung von Unkrautmitteln auf Hormonbasis. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), **2**, 92—93, 1950.
22. Daxer, H.: Die Einwirkung von Giftstoffen auf die Pflanze. — 1. Grundlegende physiologische Fragen und Versuche zur Klärung der Arsenwirkung. Z. Pflanzenkrankh. **48**, 273—295, 1938.
23. Dimond, A. E. und Waggoner, P. E.: The physiology of Lycomarasmin production by *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici*. Phytopathology **43**, 195—199, 1953.
24. Döring, B.: Die Temperaturabhängigkeit der Wasseraufnahme und ihre ökologische Bedeutung. Z. Bot. **28**, 305—383, 1935.
25. Dominik, C. B.: Foliage injury to tobacco by BHC and DDT. J. econ. ent. **42**, 148—149, 1949.
26. Doxey, D. und Rhodes, A.: Effects of the gamma isomere of benzene hexachloride on plant growth and on mitosis. Ann. Bot. **15**, 47—52, 1951.
27. Dunkler, O.: Einfluß der Saatgutpuderung mit Gamma-Hexa-Mitteln auf Keimung, Wachstum, Wuchs und Resistenz bei Getreide und Rüben. Mitt. BZA Bln.-Dahlem, Heft 75, 235—244, 1953.
28. Edwards, F. I. jr. and Smith, F. F.: Phytotoxicitiy of parathion impurities. J. econ. ent. **43**, 471—473, 1950.
29. Ehrenhardt, H.: Einfluß von Gamma-HCC auf Samenkeimung und Pflanzenwachstum. Jahresber. BBA Braunschweig, S. 35, 1950.
30. — —: Über das Verhalten von HCH im Boden und gegenüber Kulturpflanzen. Jahresber. BBA Braunschweig, S. 71, 1951.

31. EHRENHARDT, H.: Untersuchungen über die Wirkung des Gamma-Hexa auf Kulturpflanzen bei verschiedenen Anwendungsverfahren. Mitt. BZA Bln.-Dahlem, Heft 74, 116—122, 1952.
32. FOSTER, A. C.: How toxic to plants are some of the new insecticides? Agricult. chem. **5**, 37—39, 1950.
33. FROHBERGER, E.: Zur Wirkung der 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure auf Gewebe und Stoffwechsel der Pflanze. Höfchenbriefe **4**, 236—287, 1951.
34. FUCHS, W. H.: Zur Analyse des physiologischen Zustandes der Pflanzen im Zusammenhang mit Temperatureinflüssen. Kühnarchiv **38**, 232—286, 1933.
35. — —: Zur Veränderung der Struktur und Reaktion der Zelle bei Abkühlung. Kühnarchiv **39**, 1—40, 1935.
36. — —: Bodenentseuchung. In Sorauer, Handb. d. Pflanzenkrankh. Bd. **6**, 2. Aufl., 307, 1952.
37. GÄUMANN, E.: Pflanzliche Infektionslehre. Basel, 2. Aufl., 1951.
38. — —: Über den Einfluß der Temperatur auf den Welkeeffekt beim toxigenen Welken. Phytopath. Z. **17**, 330—333, 1951.
39. — — und JAAG, O.: Über das Problem der Welkekrankheiten bei Pflanzen. Experientia, **6**, 215—220, 1946.
40. — — und — —: Die physiologischen Grundlagen des parasitogenen Welkens. III. Ber. Schweiz. Bot. Ges. **57**, 227—241, 1947.
41. — —, KERN, H. und SANDHOFF, W.: Untersuchungen über zwei Welketoxine. Phytopath. Z. **18**, 404—415, 1952.
42. — —, NAEF-ROTH, S. und MIESCHER, G.: Untersuchungen über das Lycomarasmin. Phytopath. Z. **16**, 257—288, 1950.
43. — —, — —, REUSSER, P. und AMMANN, A.: Über den Einfluß einiger Welketoxine und Antibiotica auf die osmotischen Eigenschaften pflanzlicher Zellen. Phytopath. Z. **19**, 160—220, 1952.
44. GEISSLER, E.: Einige Beobachtungen über den Einfluß des HCH auf die Pflanze. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **2**, 131—135, 1950.
45. GÖTZ, B.: Methoden zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln XLIV. Zum luftspezifischen Gewicht der Gase E 605 und Hexachlorcyclohexan. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **2**, 21, 1950.
46. GRAFTS, A. S. und HARVEY, W. A.: Weed control. Advances in agronomy **1**, 289—320, 1949.
47. GROSSMANN, H.: Untersuchungen über die Welkekrankheit des Flachses. Phytopath. Z. **7**, 545—583, 1934.
48. GRÜMMER, G.: Beiträge zur Eigenschaftsanalyse der Anfälligkeit von *Papaver somniferum* gegen *Helminthosporium papaveris*. 1. Mitt. Züchter **21**, 306—322, 1951.
49. HARRIS, H. A.: Comparative wilt induction by *Erwinia tracheiphila* and *Phytomonas stewarti*. Phytopathology **30**, 625—638, 1940.
50. HASELHOFF, E.: Untersuchungen über die bei der Zersetzung des Kalkstickstoffs entstehenden gasförmigen Verbindungen und ihre Einwirkung auf das Pflanzenwachstum. Z. Pflanzenkrankh. **19**, 299—300, 1909.
51. HEIDENREICH, E.: Ertragssteigerung durch Hexaisomeren. Mitt. BZA Bln.-Dahlem, Heft 75, 244—247, 1953.
52. HOCHAPFEL, H.: Ein Fall von Fahnenrispigkeit bei Hafer nach Anwendung von wuchsstoffhaltigen Unkrautbekämpfungsmitteln. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **2**, 58—60, 1950.
53. HODGSON, R. W., PETERSON, W. H. und RIKER, A. J.: The toxicity of polysaccharides and other molecules to tomato cuttings. Phytopathology **39**, 47—62, 1949.
54. HOFMANN, E. und SCHMELING, v. B.: Zur Frage der Wirkung von 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure auf den Stoffwechsel der Pflanzen. Z. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **3**, 264—271, 1952.
55. HOPF, M.: Untersuchung an Kartoffelknollen über eine Beeinflussung ihrer *Phytophthora infestans*-Resistenz durch Insektizide. (Vorl. Mitt.) Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) n. F. **5**, 74—75, 1951.

56. Hoshaw, R. W.: The morphological and anatomical effects of various concentrations of 2,4-D on corn seedling. Amer. J. Bot. **37**, 662, 1950.
57. Hubert, A. H.: Comparative wilt induction by *Erwinia tracheiphila* and *Phytomonas stewarti*. Phytopathology **30**, 625—638, 1940.
58. Iwanoff, L. A. und Thielmann, M.: Über den Einfluß des Lichtes verschiedener Wellenlänge auf die Transpiration der Pflanze. Flora n. F. **16**, 296—311, 1923.
59. Johnson, E. M.: Injury of plants by minute amounts of 2,4-dichlorphenoxyacetic acid. Phytopathology **37**, 367—369, 1947.
60. Kersting, F.: Versuche über die Unkrautbekämpfung in Forstbaumschulen. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **3**, 65—69, 1951.
61. Klinkowski, M.: Die Bekämpfung der Kohlfliege mit Hexamitteln. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) n. F. **3**, 130—137, 1949.
62. Kobel, F.: Untersuchungen über toxische Stoffwechselprodukte von *Nectria cinnabarina* (Tode) Fr. Phytopath. Z. **18**, 157—195, 1952.
63. Koot, van Y.: Enkele onderzoekingen betreffende de Fusariumziekte bij de komkommer. Tijdschr. plantenziekt. **49**, 52—72, 1943.
64. — —: De Fusariumziekte van komkommer en meloen. Meded. tuinbouwvoorlichtingsd. **42**, 1944.
65. Kosswig, W.: Untersuchungen über die durch *Fusarium* spec. an Gurke (*Cucumis sativus* L.) hervorgerufene Welke. — (Vorl. Mitt.) Phytopath. Z. **17**, 410—420, 1951.
66. Kostoff, D.: Effect of BHC on seedlings. Nature **162**, 845—846, 1948.
67. Kotte, W.: Krankheiten und Schädlinge im Gemüsebau und ihre Bekämpfung. Paul Parey, Berlin u. Hamburg, 2. Aufl. 1952.
68. Kramer, P. J.: The adsorption of water by root systems of plants. Amer. J. Bot. **19**, 148—164, 1932.
69. — —: The intake of water through dead root systems and its relation to the problem of adsorption by transpiring plants. Amer. J. Bot. **20**, 481—492, 1933.
70. Langenbuch, R.: Über das Eindringungsvermögen des HCH in das Kartoffelblatt. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **3**, 118—122, 1951.
71. Latzko, E. und Amberger, A.: Über die Wirkung des Cyanamids (H_2CN_2) in der Pflanze. Naturwissenschaften **33**, 526, 1952.
72. Leach, J. G.: Insect transmission of plant diseases. New York und London 1940.
73. Lek, van der, H. A. A.: Onderzoekingen over tracheomycosen: De verticilliose van den komkommer. Med. Landbouwhogschool, Waageningen, **15**, 1918.
74. Linser, H.: Unkrautbekämpfung auf hormonaler Basis. Bodenkultur **5**, 191—222, 1951.
75. Lüdicke, M.: Über das Eindringungsvermögen des Insektizids E 605 f in lebende pflanzliche Gewebe. Z. Pflanzenkrankh. **56**, 31—36, 1949.
76. Lundegardh, H.: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena 1949.
77. Marcus, O.: Schäden und Mißbildungen bei Zuckerrüben durch 2,4-D. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **4**, 74—76, 1952.
78. McCool, M. M.: Effect of various factors on the soluble manganese in soils. Contrib. Boyce Thompson Inst. **6**, 147—164, 1934.
79. Meltzer, J.: Eigenschappen en giftigkeid van Hexachloorcyclohexaan. Tijdschr. Plantenziekt. **56**, 101—148, 1950.
80. Merkenschlager, F.: Die Wasserbilanzkrisen der Kulturpflanzen und ihre phytopathologische Bedeutung. Angew. Bot. **14**, 442—446, 1930.
81. Morrison, H. E., Crowell, H. H., Crumb, S. E. Jr. and Landerdale, R. W.: The effects of certain new soil insecticides on plants. J. econ. ent. **41**, 374—378, 1948.
82. Müller, F. P.: Versuche über die Wirksamkeit von Hexa- und Estermitteln gegen wurzelbesaugende Insekten. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) n. F. **3**, 161—168, 1949.
83. Münchberg, P.: Über das Hexachlorcyclohexan und dessen vermeintliche Nachteile als Wirkstoff von Pflanzenschutzmitteln. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **1**, 52, 1949.

84. MÜNCHBERG, P.: Zur Chemie der Verunreinigungen des HCCH. Anz. Schädlingskunde **22**, 116—119, 1949.
85. MUTH, F.: Über das Verwelken der Gurken in diesem Sommer. Z. f. Wein-, Obst- u. Gartenbau 7. Jg., 143—146, 1910.
86. NANCE, I. F.: Inhibition of salt accumulation in excised wheat roots by 2,4-D. Science **109**, 174—176, 1948.
87. NITSCHE, H.: Der Einfluß der Wurzelabkühlung auf Wasseraufnahme und Transpiration der Pflanzen. Österr. bot. Z. **86**, 161—197, 1937.
88. NOLTE, H.-W.: Blumenkohlschädigung durch E-Präparate beim Erdtopf-Kohlfliegenbekämpfungsverfahren. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) n. F. **5**, 183 bis 185, 1951.
89. NYBOM, N. und KNUTSSON, B.: Investigations on c-mitosis in *Allium cepa*. Cytological effect of hexachlorcyclohexane. Hereditas **33**, 220—234, 1947.
90. OWTSCHAROW, K. E.: Application of growth substances for combating *Orobanche aegyptiaca* (russisch). Ber. Akad. Wiss. UdSSR **59**, 183—185, 1944.
91. PETERSEN, H. I.: Erfaringer om virkningen af kemiske unkrudsmidler i 1951. Dansk landbrug 1951, 4 pp. (Sonderdruck).
92. PIATNITZKY, G. und PERSIN, S.: Zur Frage der kulturchemischen und chemischen Bekämpfung der Drahtwürmer (russisch). Ber. Akad. Wiss. UdSSR Heft 5, 28—34, 1948.
93. PLATTNER, P. A. und CLAUSON-KAAS, N.: Über ein welkeerzeugendes Stoffwechselprodukt von *Fusarium lycopersici* Sacc. Helv. chim. acta **28**, 188—195, 1944.
94. PRITCHARD, A. E. und BEER, R. E.: Phytotoxicity of parathion sprays. J. econ. ent. **42**, 372—379, 1949.
95. PROVERBS, M. D.: Effect of BHC on fruit odour and flavour. Canada dept. agr. res. Note E 1, 1948.
96. RADEMACHER, B.: Neuartige Unkrautbekämpfungsmittel auf Wuchsstoffgrundlage. Z. Pflanzenkrankh. **55**, 201—213, 1948.
97. — —: Untersuchungen über die fungistatische und fungicide Wirkung des Cyanamids am Beispiel des Weizensteinbrandes (*Tilletia tritici* [Bjerk.] Winter). Phytopath. Z. **17**, 353—373, 1951.
98. RAUCH, W.: Über die Alterung und Lichtempfindlichkeit einiger neuer Kontaktinsektizide. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **2**, 56—58, 1950.
99. RECKENDORFER, P.: Die Ursache des Arsenschadens. Neuheiten Gebiet d. Pflanzenschutzes, Wien Jg. 24, 33—35, 1931.
100. — —: Der Arsenschaden. Pflanzenschutzber. Wien, **4**, 1—10, 1950.
101. RENNER, O.: Versuche zur Bestimmung des Filtrationswiderstandes der Wurzeln. Jb. wiss. Bot. **70**, 805—838, 1929.
102. ROHWER, S. A.: Effect of individual BHC isomers on plants. Agr. chem. **4**, 75, 1949.
103. ROUSCHAL, E.: Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Wasseraufnahme ganzer Pflanzen. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, **144**, 313 bis 358, 1935.
104. RUBIN, B. A. und ARCICHOWSKAJA, E. W.: Biochemische Charakteristik der Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber Mikroorganismen. Akademie-Verlag, Berlin 1953.
105. RÜTHER, H. und SELKE, W.: Bericht über die Wirkung der Unkrautbekämpfungsmittel. 2,4-D-Mittel (Hormonpräparate). Versuchsber. 1949 und 1950 der Landesversuchsanstalt Lauchstädt, 455—456.
106. SAKIMURA, K.: Peas and BHC in soil. J. econ. ent. **41**, 665—666, 1948.
107. SCHAFFNIT, E. und LÜDTKE, M.: Beiträge zur Kenntnis von Kälteeinwirkungen auf die pflanzliche Zelle (2. Mitteilung). Über den Stoffwechsel landwirtschaftlicher Kulturpflanzen bei verschiedenen Temperaturen und wechselnder Ernährung. Phytopath. Z. **4**, 329—386, 1932.
108. — — und — —: Über die Bildung von Toxinen durch verschiedene Pflanzenparasiten. Ber. Dt. Bot. Ges. **50**, 383—390, 1932.

109. Schaffnit, E. und Wilhelm, A. F.: Kühlversuche mit verschieden ernährten Pflanzen und Untersuchungen über deren Stoffwechselphysiologie. Phytopath. Z. **5**, 505—566, 1933.
110. Scheffer, R. P. und Walker, J. C.: The physiology of Fusarium wilt of tomato. Phytopathology **43**, 116—125, 1953.
111. Schmidt, H.: Über die Wirkung einer Beimischung von Hexa-Stäubemitteln zur Anzuchterde bei Blumenkohlpflanzen zur Bekämpfung der Kohlfliege. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) n. F. **6**, 8—10, 1952.
112. Schmidt, H. A.: Ein Beitrag zur Frage der Beeinflussung des Winterweizens durch nicht zeitgerechte Anwendung hormonhaltiger Unkrautbekämpfungsmittel. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) n. F. **7**, 32—35, 1953.
113. Schopfer, W. H. und Bein, M. L.: Wirkung von isomeren Hexachlorcyclohexanen auf das Wachstum von *Pisum*-Wurzeln in steriler Organkultur. Experientia **4**, 147 bis 149, 1948.
114. Schwabe, K., Schmidt, H. und Kühnemann, R.: Chemische und biologische Untersuchungen über Hexachlorcyclohexane. Angew. Chemie **61**, 482—486, 1949.
115. Schwartz, E.: Zur Geschmacksbeeinflussung der Kartoffeln durch die Behandlung mit Hexapräparaten. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) n. F. **4**, 101—105, 1950.
116. Scott, D. B. jr.: Effects of parathion on plants. J. econ. ent. **42**, 782—785, 1949.
117. Sellke, K.: Über die Tiefenwirkung der modernen Insektenbekämpfungsmittel. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) n. F. **4**, 221—227, 1950.
118. — —: Die Einwirkung des Hexachlorcyclohexans auf die Pflanzen und auf den Geschmack von Erntegut. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) n. F. **5**, 41—46, 1951.
119. Smith, C. F.: Toxicity of insecticides on peach foliage. J. econ. ent. **41**, 220—227, 1948.
120. Smith, F. F. and Clifford, P. A.: Lack of translocation of parathion. J. econ ent. **43**, 708—712, 1950.
121. Smith, M. S.: Persistence of DDT and Benzene hexachloride in soil. Nature **161**, 246, 1948.
122. Speidel, B.: Untersuchungen zur Physiologie des Blutens bei höheren Pflanzen. Planta **30**, 67—112, 1939.
123. Starnes, O.: Translocation of BHC and parathion in potato. J. econ. ent. **43**, 338 bis 342, 1950.
124. Stellwaag, F.: Einige Ergebnisse der physiologischen Wertbestimmung neuer synthetischer Kontaktgifte. Z. Pflanzenkrankh. **55**, 53—57, 1948.
125. — —: Gibt es Hexachlorpräparate ohne Geruch und Geschmack? Z. Pflanzenkrankh. **56**, 27—31, 1949.
126. Stoker, R. I.: Phytotoxicity of DDT and BHC. Ann. appl. biol. **35**, 110—122, 1948.
127. Stoll, K.: Über Melaninbildung in Rettichschoten, hervorgerufen durch Kontaktinsektizide (vorl. Mitt.). Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) n. F. **3**, 13 bis 15, 1949.
128. — —: Über die Wirkung von „Wofatox" auf Pollen und Narbe der Rapspflanze. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) n. F. **7**, 21—32, 1953.
129. Stummeyer, H.: Die neuere Entwicklung der Unkrautbekämpfung mit Wuchsstoffen. Mitt. DLG **67**, 203, 1952.
130. Süssbrich, H.: „Warmer Fuß" bei Treibgurken ohne Pferdemist. Gartenwelt **53**, 75—76, 1953.
131. Templeman, W. G. und Wright, S. O.: Wheat control in root crops by preserving applications of I.P.C. and mixtures of that substances and methoxone and 2,4-D. Nature **165**, 570—571, 1950.
132. Thiem, E.: Eigenschaften und Wirkungsweise des HCH. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) n. F. **5**, 24—30, 1951.
133. Thornton, N. C. und Setterstrom, C.: Toxicity of ammonia, chlorine, hydrogen cyanide, hydrogen sulphide, and sulphur dioxide gases. III. Green plants. Contrib. Boyce Thompson inst. **11**, 343—366, 1940.

134. Trappmann, W.: Pflanzenschutz und Vorratsschutz. Bd. 1. Grundlagen der Pflanzenpathologie. Stuttgart 1949.
135. — —: Konzentration für 2,4-D-Mittel. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **2**, 45, 1950.
136. Tröndle, A.: Der Einfluß des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut. Jb. wiss. Bot. **48**, 171—182, 1910.
137. Walker, J. C.: Diseases of vegetable crops. New York, Toronto u. London 1952.
138. Walter, H.: Grundlagen der Pflanzenverbreitung. 1. Teil: Standortslehre. Stuttgart 1951.
139. Wilhelm, A. F.: Untersuchungen über das Verhalten sogenannter nicht eisbeständiger Kulturpflanzen bei niederen Temperaturen, unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses verschiedener Mineralsalzernährung und des N-Stoffwechsels. Phytopath. Z. **8**, 337—363, 1935.
140. Wilson, I. K. und Choudhri, R. S.: BHC and soil microflora. J. agric. res. **77**, 25 bis 32, 1948.
141. Yu-tien Hsia und Christensen, I. I.: Effect of 2,4-D on seedling blight of wheat caused by *Helminthosporium sativum*. Phytopathology **41**, 1011—1020, 1951.
142. Zogg, H.: Zur Kenntnis pflanzlicher Abwehrreaktionen. Der Einfluß der Temperatur auf das Zustandekommen der gummösen Demarkationszone. Ber. Schweiz. bot. Ges. **56**, 507—521, 1946.

Stations fédérales d'essais agricoles, Lausanne
Directeur: Dr. R. Gallay

"Effet d'épargne" de l'asparagine vis-à-vis de labiotine chez *Coniella diplodiella*

par
G. Turian

Introduction

Coniella diplodiella (Speg.) Pet. et Syd., l'insidieux agent de la maladie du coître ou rot livide de la vigne, pousse et fructifie (pycnides) rapidement sur son milieu naturel, le jus de raisin. A la température optima de 25 ° C, le champignon édifie en 3 jours un épais voile mycélien à la surface d'une solution de moût de raisin diluée à 70 °/₀₀. Dès le 6ème jour, le voile se ponctue de nombreuses fructifications asexuées ou pycnides.

La nutrition de *Coniella* est encore peu connue. Les recherches déjà anciennes de Viala (1893), Istvanffi (1902) puis Faes et Staehelin (1935) étaient avant tout d'ordre phytopathologique. On doit à Terrier (1948) d'avoir, le premier, réussi à cultiver *Coniella diplodiella* sur un milieu strictement défini, à base d'asparagine et de glucose, et d'avoir pu montrer que l'aneurine est absolument indispensable à la croissance du parasite. Cet auteur a pu, en outre, montrer que, sur un milieu à base d'eau de levure, *Coniella* utilise indifféremment le glucose, l'acide tartrique ou l'acide malique comme unique source de carbone. Terrier a, de plus, observé que la croissance de *Coniella* est médiocre si l'asparagine du milieu est remplacée par un sel organique d'ammonium et cela malgré la présence de l'aneurine. Il fut ainsi amené à penser qu'un facteur supplémentaire, vitamine ou acide aminé, présent dans l'eau de levure, était aussi nécessaire à la croissance du champignon.

Nous avons récemment pu confirmer les résultats acquis dans ce laboratoire par notre collègue M. Terrier et avons trouvé que le facteur supplémentaire nécessaire à l'assimilation de l'azote ammoniacal par *Coniella diplodiella* n'est autre que la biotine.

Méthode

Tous nos essais ont été réalisés avec une culture monospore de *Coniella diplodiella* isolée des pycnides d'un grain de raisin coîtré en provenance du vignoble vaudois.

Comme milieu naturel, nous avons utilisé le moût de Chasselas blanc pasteurisé. Pour les recherches sur la nutrition du parasite, nous avons fait usage d'une solution minérale de Fries modifiée et dont voici la composition

KH_2PO_4	1,0	F
$MgSO_4 \cdot 7\ H_2O$	0,5	
NH_4NO_3	2,0	
NaCl	0,1	
$CaCl_2$	0,1	
Eléments traces[1])	1 cm³	
Glucose	40,0	
Azote minéral ou organique	0,4 ‰	
Facteurs de croissance (voir résultats)		
H_2O distillée . . . . . ad	1 l.	

Ce milieu, réparti à raison de 25 cm³ par erlenmeyer de 150 cm³, a été stérilisé 15 minutes à 110 ° C. Pour sa confection, nous avons toujours utilisé des substances d'un degré élevé de pureté et avons pris les précautions nécessaires (lavage de la verrerie au mélange sulfochromique) pour réduire au maximum les risques de contamination par des impuretés. Les cultures pour ensemencement, maintenues 8—10 jours en éprouvettes sur "milieu minimal" F-asparagine-aneurine agarisé, ont été ensuite inondées d'eau distillée stérile et agitées pour obtenir une suspension homogène de spores libérées des pycnides. Nous avons prélevé aseptiquement 1 cm³ de cette suspension et l'avons dilué avec de l'eau stérile. La suspension finale a été distribuée à l'aide d'une pipette Pasteur à raison d'une goutte (environ 800.000 spores) par erlenmeyer.

Les cultures, maintenues durant un temps déterminé (voir résultats) à l'étuve à 24 ° C, ont été ensuite dévitalisées à 100 ° C pour faciliter la séparation des "gâteaux mycéliens" et leur filtration au Büchner sur papiers Schleicher et Schuell No 597 préalablement tarés. Avant la dévitalisation, nous avons pris soin d'estimer le pH des filtrats avec les papiers indicateurs Lyphan. Après dessication complète à 105 ° C, les filtres porteurs des mycélia ont été placés dans un dessicateur avant d'être pesés sur la balance analytique.

Chaque série d'essais, composée de 4 erlenmeyers par substance étudiée, a été répétée une seconde fois pour vérifier la concordance des résultats obtenus.

Résultats

De nombreux essais préliminaires sur la nutrition de *Coniella diplodiella* ont précédé les résultats acquis et exposés dans ce travail. Nous renvoyons à une publication parallèle pour des données supplémentaires sur la nutrition générale du champignon (TURIAN et STAEHELIN, 1954).

1ère série:

Elle résume nos essais préliminaires sur les facteurs de croissance de *Coniella*.

[1]) B 10 mg, Mo 20 mg, Fe 200 mg, Cu 100 mg, Mn 20 mg, Zn 200 mg, H_2O distillée 1 litre.

Cultures âgées de 12 jours sur milieu F + asparagine 2 ‰ + facteurs de croissance; pH initial 4,8

Facteurs de croissance	Poids sec moyen en mg	pH final
0	10	3,7—3,9
Aneurine 500 γ/l	247	4,3
Aneurine 500 γ/l + extrait de levure (Difco):		
2000 γ/l	239	4,3
4000 γ/l	246	4,1

Coniella diplodiella présente donc une hétérotrophie absolue vis-à-vis de l'aneurine sur milieu à l'asparagine.

L'étude quantitative de l'action auxogène de cette vitamine nous a révélé que 20—50 γ/l d'aneurine suffisent à assurer la croissance maxima du champignon. La dose relativement élevée de 500 γ/l que nous avons utilisée dans nos essais garantit une marge suffisante pour compenser une éventuelle destruction partielle de la vitamine lors de la stérilisation des milieux.

2ème série:

Solution minérale F (y compris NH_4NO_3 2 ‰) + Azote inorganique ou organique 0,4 ‰ + aneurine et/ou biotine, pH initial 5,0.

Cultures âgées de 6 jours. Etuve 24° C. Poids sec moyen en mg

N 0,4 ‰	Aneurine 500 γ/l			
	—		Biotine 5 γ/l	
		pH final		pH final
NH_4NO_3	38 ± 12	2,8	114 ± 12	2,0
Tartrate d'NH_4	21 ± 12	4,7	229 ± 19	2,8
Malate d'NH_4	30 ± 19	4,9	214 ± 9	2,5
Asparagine	57 ± 6	4,1	127 ± 9	3,5

Ce tableau appelle les commentaires suivants:

1. la biotine est un facteur supplémentaire nécessaire à la croissance de *Coniella diplodiella*. La croissance obtenue sur la combinaison tartrate ou malate d'ammonium-aneurine-biotine dépasse même celle réalisée sur du moût de raisin dilué ad 2 % de glucose;
2. la médiocre utilisation de l'asparagine en présence de NH_4NO_3 confirme le travail de Rippel (1931) selon lequel les Moisissures utilisent l'azote ammoniacal avant celui de l'amide. Par conséquent, il est normal de constater une stimulation de la croissance en présence de biotine, conformément aux résultats de notre 3ème série.

3ème série:

Nous avons alors éliminé NH_4NO_3 de la solution minérale F et avons répété l'expérience en comparant l'activité de la biotine en présence d'un sel organique d'ammonium, d'une part, et de l'asparagine, d'autre part, à dose égale d'azote.

Voici les résultats obtenus dans les mêmes conditions que la série 2:

N 0,4 ‰	Facteurs de croissance					
	Biotine 5 γ/l		Aneurine 500 γ/l		Aneurine 500 γ/l Biotine 5 γ/l	
		pH final		pH final		pH final
Tartrate d'NH_4 (pH initial 4,8)	6 ± 3	4,2	23 ± 10	4,4	233 ± 13	3,8
Asparagine (pH initial 5,0)	12 ± 2	3,3	215 ± 15	3,5	223 ± 18	3,5

Conclusions

Coniella diplodiella présente une déficience absolue pour l'aneurine et une déficience conditionnelle pour la biotine. En effet, la présence d'asparagine dans le milieu de culture limite les exigences du champignon en biotine aux seules traces présentes à l'état d'impuretés dans le milieu.

Cet effet d'épargne de l'asparagine vis-à-vis de la biotine a déjà été observé chez d'autres microorganismes parmi lesquels *Torula cremoris* (KOSER et coll., 1942), *Trichophyton albus* (SCHOPFER et BLUMER, 1942), *Memnoniella echinata* et *Stachybotrys atra* (PERLMAN, 1948). Il suggère fortement une participation active de la biotine aux phénomènes d'assimilation de l'azote ammoniacal.

Cette recherche a pu être effectuée grâce à une subvention de l'Assurance grêle, à Zürich. Nous tenons à exprimer à sa Direction notre vive gratitude pour l'appui accordé.

Summary

Coniella diplodiella, the cause of white-rot of the grape, shows absolute deficiency for thiamine and conditioned deficiency for biotin. Asparagin has a sparing effect on the use of biotin by the parasite.

Bibliographie

FAES, H. et STAEHELIN, M.: Le coître de la vigne (*Coniothyrium diplodiella*). Progrès agricole et viticole, 56ème année, 108, 134, 158, 187, 258, 281 (1935).

ISTVANFFI, GY.: Etudes sur le rot livide de la vigne (*Coniothyrium diplodiella*). Ann. Inst. centr. ampélol. roy. hongrois, tome II, 288 pp., Budapest 1902.

KOSER, S. A., WRIGHT, M. H. et DORFMAN, A.: Aspartic acid as a partial substitute for the growth stimulating effect of biotin on *Torula cremoris*. Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 51, 204 (1942).

PERLMAN, D.: On the nutrition of *Memnoniella echinata* and *Stachybotrys atra*. Amer. J. Botany 35, 36 (1948).

RIPPEL, K.: Quantitative Untersuchungen über die Abhängigkeit der Stickstoffassimilation von der Wasserstoffionenkonzentration bei einigen Pilzen. Arch. Mikrobiol. 2, 72 (1931).

SCHOPFER, W. H. et BLUMER, S.: Recherches sur le besoin en facteurs de croissance vitaminiques et le pouvoir de synthèse d'un Trichophyton. Le problème du conditionnement des pouvoirs de synthèse. C. R. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève 59, 101 (1942).

TERRIER, CH.: Résutats non publiés (1948).

TURIAN, G. et STAEHELIN, M.: Ann. Agric. suisse, Nouv. sér., Vol. 2 (1954).

VIALA, P.: Les maladies de la vigne. 3ème éd., Paris 1893.

Aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Virusserologie, Braunschweig-Gliesmarode

Untersuchungen über Änderungen des Virusgehaltes in Tabakpflanzen während der Vegetationsperiode

Von R. Bercks

Mit 4 Abbildungen und 1 Kurve

Einleitung

Vermehrung und Ausbreitung der Viren in ihren Wirtspflanzen ist vielfach mit dem Ziel untersucht worden, Aufschluß über Art und Geschwindigkeit dieser Vorgänge zu erhalten (Literatur bei Bawden, 2). Die Versuche beschränkten sich im allgemeinen auf verhältnismäßig kurze Zeiträume und gaben keine Auskunft darüber, wie sich der Virusgehalt der Pflanzen während der Vegetationszeit verändert. M. W. hat lediglich Matsumoto (10) im Jahre 1941 Tabakpflanzen vom zweiten Tag bis über zwei Monate nach der Beimpfung mit Tabakmosaikvirus auf serologischem Wege geprüft. Da Matsumoto bei seinen quantitativen Messungen aber nicht über einen bestimmten Verdünnungsgrad der virushaltigen Preßsäfte hinausgegegangen ist, hat er sicher nicht alle vorhandenen Unterschiede erfaßt.

Die eigenen Versuche hatten zum Ziel, die Viruskonzentration der Pflanzen über einen längeren Zeitraum zu verfolgen. Zu diesem Zwecke wurden im Herbst 1950 Tabakpflanzen mit Kartoffel-X-Virus beimpft und ihre Blätter bis zu drei Monaten nach der Infektion quantitativ vergleichend serologisch geprüft. Zur Ergänzung und Feststellung, wieweit die erzielten Ergebnisse allgemeine Schlußfolgerungen erlauben, wurden zu verschiedenen Zeiten der Jahre 1952/53 weitere Untersuchungen durchgeführt, über die gemeinsam mit den vorhergehenden berichtet werden soll. Ähnliche Versuche sind inzwischen (1951/52) von Bartels (1) mit dem Kartoffel-A-Virus angestellt worden.

Bei allen quantitativen Bestimmungen des in der Pflanze vorhandenen Virus tritt die Frage auf, wie weit sich sämtliches Virus aus dem Pflanzenmaterial gewinnen läßt. Für die eigenen Prüfungen wurde ein mit Hilfe von Preßzangen hergestellter Saft verwendet. Bawden und Pirie (4, 5), sowie Bawden und Crook (3) haben nachgewiesen, daß bei den durch eine grobe Zerkleinerung der Pflanzen erhaltenen Säften nur ein Teil des Virus erfaßt wird und erhebliche Mengen im Rückstand bleiben, die sich durch Enzymein-

wirkung befreien lassen. LIMASSET, CORNUET und GENDRON (8) und auch TAKAHASHI (12) zeigten dann weiterhin, daß das Virus mit Hilfe eines Homogenisators weitestgehend aus dem Pflanzenmaterial gewonnen werden kann. Falls bei der Virusgewinnung aus verschiedenen Blättern mittels einer Preßzange immer eine relativ gleichbleibende Virusmenge im Preßrückstand bleibt, würde dies bei den Versuchen, bei denen es nur auf die Messung von Konzentrationsunterschieden und nicht auf absolute Mengen ankommt, unwesentlich sein. Zur Klärung dieser Frage wurden deshalb einige orientierende Versuche unternommen, ohne daß zunächst die Untersuchungen von LIMASSET und CORNUET (7) bekannt waren. Diese Autoren erhielten bei älteren aber nicht bei jungen Blättern Unterschiede im Virusgehalt, je nachdem, ob die Zerkleinerung mit einem Homogenisator oder einem Mörser erfolgte.

Methodik

Für die Versuche wurden Gewächshauspflanzen der türkischen Tabaksorte *Samsun* benutzt, die im Vier-Blattstadium an zwei Blättern mit dem auf der gleichen Tabaksorte kultivierten KÖHLERschen Stamm H 19 m des X-Virus beimpft wurden. Außerdem fanden noch andere Stämme Verwendung, die aber weniger eingehend geprüft wurden und deren Verhalten deshalb nicht besprochen werden soll. In den ersten beiden der vier aufgeführten Versuchsreihen wurde der Virusgehalt des Preßsaftes jedes einzelnen Blattes gemessen. In der dritten und vierten Reihe mußten aus technischen Gründen in der Regel zwei Blätter gemeinsam untersucht werden. Die Prüfung erfolgte nach der serologischen Blättchenmethode mit konstanter Serummenge und Preßsaftverdünnungen, d. h. es wurde jeweils der stärkste Verdünnungsgrad festgestellt, bei dem es gerade noch zu einer sichtbaren Reaktion kam.

Für die vergleichenden Untersuchungen der mit Hilfe von Preßzangen bzw. eines Homogenisators gewonnenen Säfte stand ein Homogenisator der Marke Turmix zur Verfügung. Für die Zerkleinerung einzelner Blätter bzw. Blatthälften mittels dieses Gerätes ist die Zugabe einer relativ großen Flüssigkeitsmenge notwendig, so daß der serologische Virusnachweis in solchen Fällen fraglich ist. Aus diesem Grunde wurden bei älteren Pflanzen mehrere und bei jungen Pflanzen sämtliche Blätter gemeinsam geprüft. Dabei wurden die Blätter längs der Mittelrippe halbiert und die eine Blatthälfte mittels Preßzangen und die andere im Homogenisator weiter verarbeitet.

Experimenteller Teil

A. Untersuchungen über den Virusgehalt der Blätter während der Vegetationsperiode

1. Versuchsreihe

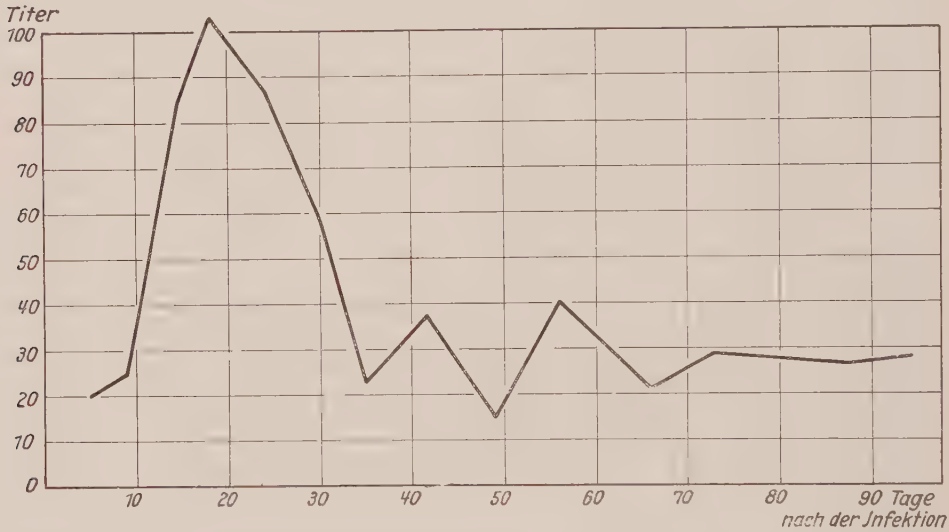
Eine größere Anzahl von Pflanzen wurde am 9. Oktober 1950 mit dem X-Virusstamm H 19 m beimpft. Die Untersuchung von jeweils zwei Pflanzen erfolgte vom 5. bis 94. Tage nach der Infektion in Abständen von vier

Tabelle 1

Titer des Preßsaftes einzelner Blätter (1. Versuchsreihe, Pflanzen am 9. Oktober 1950 beimpft)

Lfd. Nr.	Untersuchungsdatum	Tage nach der Beimpfung	Pflanzengröße cm	Anzahl der Blätter	Konz.	1:10	1:20	1:30	1:40	1:50	1:60	1:70	1:80	1:90	1:100	1:110	1:120	1:130	1:140	1:150
1	14.10.1950	5	10	5		1	1													
2	14.10.	5	12	5		1	1		1											
3	18.10.	9	12	6			3	1												
4	18.10.	9	10	5		1	1	2		1										
5	23.10.	14	17	6									2	2	1					
6	23.10.	14	18	6							1	1	2		1					
7	27.10.	18	18	6			1						1		3		1			
8	27.10.	18	16,5	7											2		2		2	
9	2.11.	24	21,5	9							1						5			2
10	2.11.	24	17,5	8		1		1			5			1						
11	8.11.	30	24	8	2				1			4			1					
12	8.11.	30	17	7		2						3								
13	13.11.	35	26	11	1	5			5											
14	13.11.	35	24	10	1	6			3											
15	20.11.	42	33	12		3		7		1		1								
16	20.11.	42	46	12		2		6		1				2	1					
17	27.11.	49	42	13		8		3		2										
18	27.11.	49	36	12		7		3		1										
19	4.12.	56	41	15		1		8		3		3								
20	4.12.	56	27	12		2		4		4		2								
21	20.12.	72	65	20		2	4		4		7		1		1					
22	20.12.	72	45	16	1	5	4		2		2									
23	4. 1.1951	87	65	15		1	7		1		2		3							
24	4. 1.	87	60	17		1	6		10											
25	11. 1.	94	51	17			5		8		4									
26	11. 1.	94	62	13			4		7		2									

bis sieben (in zwei Fällen von 15) Tagen. Die Tabelle 1 gibt für die einzelnen Blätter jeder Pflanze den Titer der Preßsäfte an. Fünf Tage nach der Beimpfung zeigte der Preßsaft eines Blattes von Pflanze Nr. 1 bei der Verdünnung 1 : 10 und der eines zweiten bei der Verdünnung 1 : 20 eine Reaktion, während drei weitere Blätter noch kein Virus erkennen ließen. Der Virusgehalt der meisten Blätter erreichte nach 18 bis 24 Tagen sein Maximum. Danach sank die Viruskonzentration bei der Mehrzahl der Blätter schnell ab und hielt sich im Durchschnitt der gesamten Pflanze bis zum Ende des Versuchs etwa vom 35. Tag an auf ungefähr gleicher Höhe, wie Tabelle 1



Kurve 1 1. Versuchsreihe (Durchschnittlicher Titer sämtlicher erkrankter Blätter einer Pflanze, Mittelwerte aus je zwei Pflanzen)

und noch deutlicher Kurve 1 ausweisen. Aus der Tabelle ist ferner zu ersehen, daß, mit geringen Ausnahmen, nach 14 Tagen sämtliche Blätter, in allerdings unterschiedlichem Umfang, Virus enthielten. So schwankte z. B. der Titer bei einer 42 Tage nach der Beimpfung untersuchten Pflanze zwischen 1 : 10 und 1 : 100. Das gleiche war bei einer nach 72 Tagen geprüften Pflanze der Fall. Abbildung 1, die als Beispiel für die ganze Versuchsreihe gelten kann, gibt für einzelne Pflanzen Aufschluß darüber, wie diese Titerschwankungen zustande kamen. Sie zeigt, welche Blätter einen niedrigen bzw. einen relativ hohen Virusgehalt hatten und in welcher Weise sich die Viruskonzentration im Laufe der Vegetationsperiode änderte. Nach neun Tagen (Abb. 1) hatten die beiden beimpften Blätter (Nr. 1 und 2) einer Pflanze den Titer von 1 : 30 und das vierte Blatt von 1 : 50. Nach 18 Tagen (Abb. 1) war der Virusgehalt in allen Blättern (mit Ausnahme von Blatt 3) angestiegen und erreichte bei den beimpften (Nr. 1 und 2) einen Titer von 1 : 100 bzw. 1 : 120, beim vierten und fünften Blatt von 1 : 100 und beim

jüngsten von 1 : 80. 30 Tage nach der Infektion (Abb. 1) war der Titer des einen noch vorhandenen beimpften Blattes (Nr. 2) nur 1 : 10, während die Blätter vier bis sechs einen erheblich höheren, die Spitzenblätter dagegen wieder einen niedrigen Wert aufwiesen. Abb. 1 zeigt ferner, daß nach 49 Tagen neben den künstlich infizierten (Nr. 1 und 2) jetzt auch die nächsten Blätter nur noch einen niedrigen Virusgehalt aufwiesen, der bei den jüngeren wieder zunahm. Das Bild änderte sich bis zum Schluß des Versuchs nicht mehr

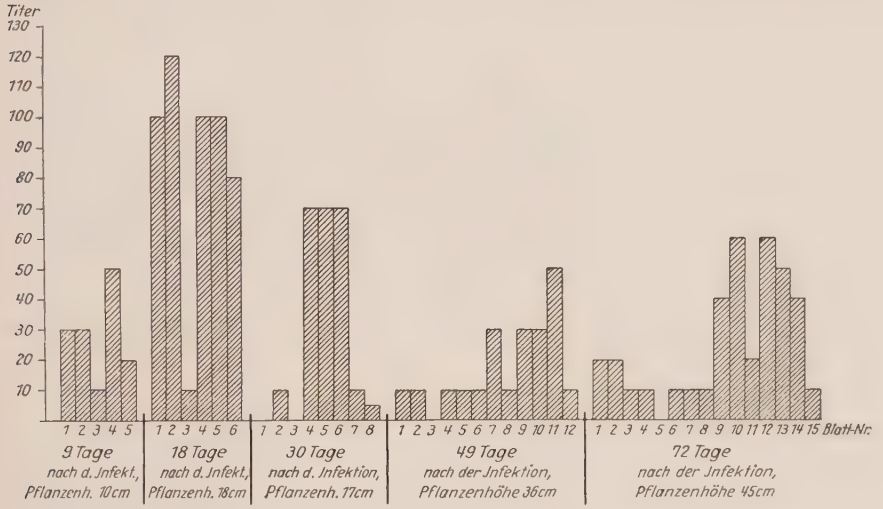


Abb. 1 Virusgehalt der Blätter (1. Versuchsreihe, 9. 10. 50 Infektion)

wesentlich, wenn auch für die jüngeren Blätter ein verstärkter Virusanstieg zu verzeichnen war, wie z. B. eine nach 72 Tagen durchgeführte Analyse ergab. Aus der gesamten Abbildung geht im übrigen hervor, daß jeweils das jüngste oder die beiden jüngsten Blätter weniger Virus enthielten als die etwas älteren. Als Grund dafür darf die Tatsache angesehen werden, daß diese Blätter noch nicht ausgewachsen waren.

2. Versuchsreihe

Die Pflanzen dieser Reihe wurden am 4. November 1952 beimpft und nach 9 bis 88 Tagen in Abständen von höchstens zehn Tagen analysiert. Einige charakteristische Veränderungen des Virusgehaltes während der Versuchszeit sind in der folgenden Abbildung dargestellt, für die wegen der höheren Viruskonzentration der Pflanzen ein anderer Maßstab als bei der ersten Abbildung gewählt wurde. 16 Tage nach der Beimpfung hatten die Preßsäfte der untersten (d. h. künstlich infizierten) Blätter einen Titer von 1 : 130 bzw. 1 : 100, während die übrigen zunächst einen erheblich geringeren Virusgehalt aufwiesen (Abb. 2). Nach 37 Tagen hatte der Virusgehalt in den letzteren (Blatt 3 bis 5) stark zugenommen. 43 Tage nach der künstlichen Infektion wurde auch in den jüngsten Blättern eine hohe Konzentration be-

obachtet. In der Folgezeit trat bei den älteren Blättern ein allmählicher Abfall ein, so daß nach 60 Tagen die Blätter eins bis sechs nur noch einen Titer von 1 : 130 aufwiesen. Die Virusabnahme zeigte sich dann weiterhin nach 77 Tagen auch bei den jüngeren Blättern. Bis zur letzten Untersuchung nach 88 Tagen traten keine weiteren Veränderungen mehr auf.

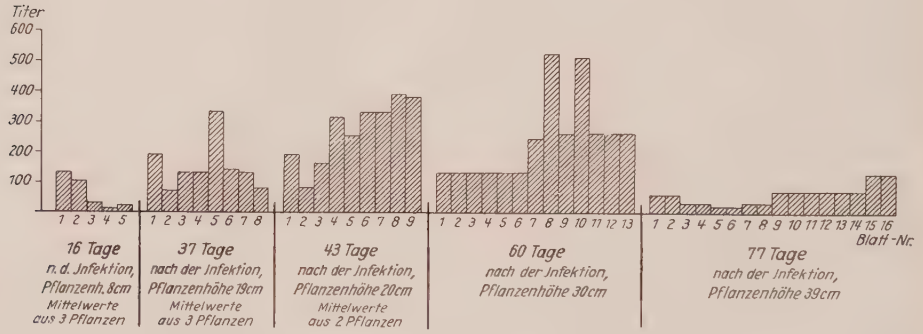


Abb. 2 Virusgehalt der Blätter (2. Versuchsreihe, 4. 11. 52 Infektion)

3. Versuchsreihe

Die Beimpfung der Pflanzen erfolgte am 11. Dezember 1952, ihre Untersuchung nach 30 bis 167 Tagen. 37 Tage nach der Beimpfung zeigten die ersten Blätter bei einem anfänglich noch höheren Virusgehalt einen Titer von über 1 : 200 (Abb. 3). Sieben Tage später lag der in der Folgezeit noch weiter absinkende Titer bei allen Blättern schon unter 1 : 100. Nach 86 Tagen machte sich bei den neu gewachsenen Blättern ein leichter Anstieg bemerkbar, der sich mit der Zeit verstärkte. Die späteren Untersuchungen können nicht in gleicher Weise wie die vorhergehenden veranschaulicht werden, weil aus

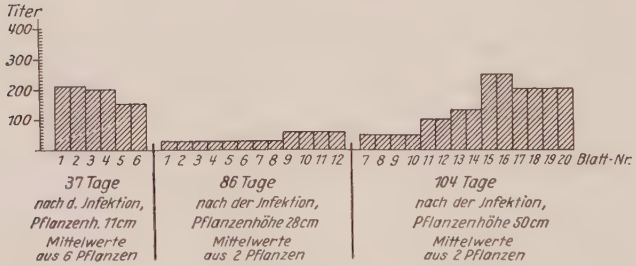


Abb. 3
Virusgehalt der Blätter (3. Versuchsreihe, 11.12.52 Infektion

technischen Gründen bei jeweils zwei Parallelen mehrere Blätter, und zwar die unteren, mittleren und oberen gemeinsam geprüft wurden. Immerhin ergaben die nach 155 bzw. 159 Tagen analysierten Pflanzen, welche bei einer Größe von ungefähr 100 cm Blütenknospen ausgebildet hatten, einen Titeranstieg bis 1 : 512. Von den letzten, nach 167 Tagen geprüften Pflanzen, die beide blühten, zeigte eine für die oberen Blätter einen Titer von 1 : 2048.

4. Versuchsreihe

Diese Reihe wurde in zwei Serien unterteilt, von denen die erste, wie üblich im Vier-Blattstadium, am 16. März 1953 beimpft und nach 10 bis 78 Tagen untersucht wurde. Die Pflanzen wuchsen infolge der gegenüber den Wintermonaten erheblich besseren Bedingungen gut. Der Virusgehalt war deshalb auch höher als in den vorherigen Versuchen und erreichte nach 62 Tagen (Abb. 4) in den mittleren noch vorhandenen Blättern einen Titer von über 1 : 500. Nach 75 Tagen hatte die Viruskonzentration bei Pflanzen, die inzwischen Knospen gebildet hatten, in vergleichbaren, d. h. jetzt

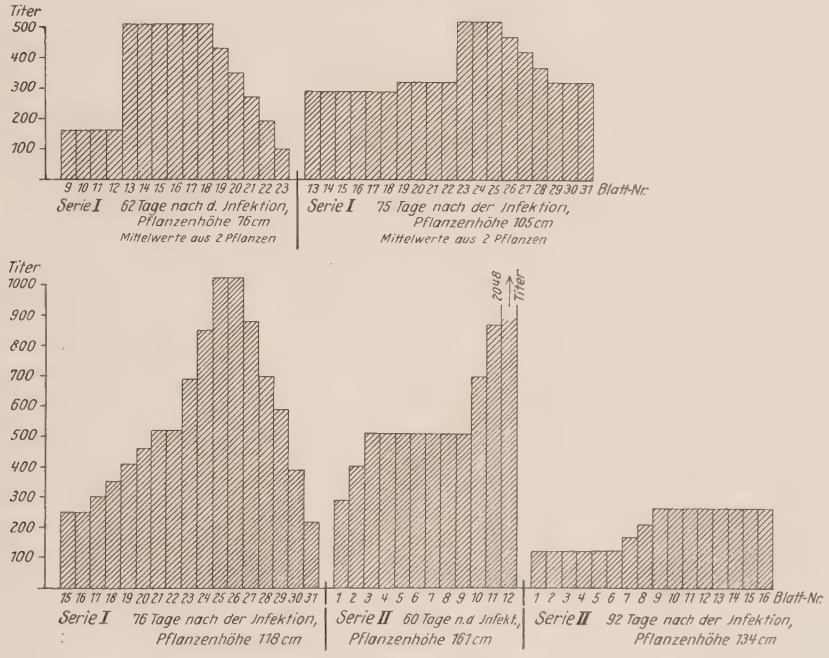


Abb. 4 Virusgehalt der Blätter (4. Versuchsreihe, Infektion Serie I 16. 3. 52, Serie II 23. 4. 53)

unteren Blättern abgenommen, während sie in einem Teil der jüngeren Blätter (Nr. 23 bis 25) wiederum einen Titer von über 1 : 500 erreichte. Eine andere, nach 76 Tagen geprüfte Pflanze hatte schon Blüten und einen Virustiter bis zu 1 : 1024.

Die Pflanzen der zweiten Serie waren ebenso alt wie die der ersten. Sie wurden aber erst rund fünf Wochen später, am 23. April 1953, bei einer Größe von etwa 60 cm an zwei Blättern beimpft, die sich in einer Höhe von ungefähr 40 cm befanden. Untersucht wurden nur die beimpften und über ihnen befindlichen Blätter. Auch hier zeigte sich, daß der Virusgehalt der blühenden Pflanzen in einzelnen Blättern stark anstieg und sogar einen Titer von 1 : 2048 erreichte. Nach der Blüte sank die Konzentration ab, so daß 92 Tage nach der Beimpfung nur noch ein Titer von 1 : 256 vorhanden war.

B) Virusgehalt der auf verschiedenem Wege gewonnenen Pflanzensäfte

Die vergleichenden Untersuchungen über die Viruskonzentration in Säften, die mittels Preßzangen bzw. eines Homogenisators gewonnen worden waren, wurden im Winter 1950/51 durchgeführt. Wenn bei älteren Pflanzen, etwa 90 Tage nach der Beimpfung und später, sämtliche Blatthälften einer Pflanze gemeinsam verarbeitet wurden, enthielt der mit dem Homogenisator gewonnene Saft in der Regel wenigstens doppelt soviel Virus wie der mit Hilfe von Preßzangen gewonnene. Bei jüngeren, etwa 40 Tage nach der Beimpfung geprüften Pflanzen war der Unterschied nicht so groß. Die schon nach rund 20 Tagen untersuchten Pflanzen zeigten entweder keine oder nur geringe Unterschiede, die innerhalb der Fehlergrenzen der angewandten Methode lagen.

Die getrennte Prüfung von unteren, mittleren und oberen Blättern älterer Pflanzen (Tabelle 2) ergab, daß die auf verschiedenem Wege ge-

Tabelle 2

Pflanzen-Nr.	Tage nach der Infektion	Insertion der Blätter	Virustiter	
			Homogenisator	Preßzange
1	82	unten	1 : 50	1 : 50
		mittel	1 : 60	1 : 60
		oben	1 : 155	1 : 44
2	83	unten	—[1])	—[1])
		mittel	1 : 104	1 : 130
		oben	1 : 342	1 : 171
3	129	unten	1 : 50	1 : 50
		mittel	1 : 60	1 : 60
		oben	1 : 155	1 : 44
4	147	unten	1 : 30	1 : 30
		mittel	1 : 67	1 : 44
		oben	1 : 135	1 : 51
5	154	unten	1 : 60	1 : 60
		mittel	1 : 112	1 : 84
		oben	1 : 216	1 : 108

[1]) Bei der Anfangsverdünnung von 1 : 56 keine Reaktion.

wonnenen Säfte der älteren Blätter gleichen Virusgehalt aufwiesen. Die Säfte der mittleren Blätter hatten ebenfalls die gleiche oder eine ähnliche Viruskonzentration, während sich die unterschiedliche Saftgewinnung bei den oberen Blättern deutlich bemerkbar machte. Bei ihnen hatten die mit Hilfe des Homogenisators gewonnenen Säfte einen zwei- bis dreimal so hohen Virustiter wie die mittels Preßzange erhaltenen.

Besprechung

Bei der Betrachtung der Versuchsreihen eins bis vier ist zunächst noch einmal hervorzuheben, daß die Versuche unter verschiedenen Bedingungen

durchgeführt wurden und deshalb nicht unmittelbar vergleichbar sind. Während der Wintermonate wuchsen die Pflanzen unter ungünstigen Licht- und Temperaturverhältnissen, so daß sie in der ersten Versuchsreihe 72 Tage nach der Beimpfung nur 45 cm groß waren. Dementsprechend war der Virusgehalt der Blätter verhältnismäßig gering. Im Gegensatz dazu zeigten die Pflanzen im Sommer (Versuchsreihe vier) ein erheblich besseres Wachstum und hatten 75 bis 78 Tage nach der Infektion eine Größe von mehr als 100 cm. Die Viruskonzentration der Blätter, die weitgehend von einem guten Wachstum der Pflanzen abhängig ist, war infolgedessen entsprechend hoch. Trotz dieser Unterschiede lassen sich aus den mitgeteilten und weiteren, im experimentellen Teil nicht aufgeführten Versuchsreihen einige allgemeine Erscheinungen ablesen. Etwa zehn Tage nach der Infektion enthielten sämtliche Blätter serologisch nachweisbares Virus. Die Konzentration war zu diesem Zeitpunkt allerdings noch gering und im allgemeinen in den beiden beimpften Blättern am größten. Des öfteren hatte das unmittelbar über den beimpften Blättern befindliche Blatt zunächst nur wenig oder gelegentlich überhaupt kein Virus, eine Erscheinung, auf die als erster wohl Köhler (6) aufmerksam gemacht hat, und die vielleicht mit der von Zech (13) angenommenen Regulierung der Viruswanderung durch die Vegetationspunkte im Zusammenhang steht. Der Virusgehalt stieg in der Folgezeit mehr oder weniger schnell an und erreichte in vielen Fällen ein Stadium, in dem bei den mittleren Blättern ein Maximum vorhanden war. Hervorzuheben ist, daß die Viruskonzentration der älteren Blätter zu diesem Zeitpunkt schon stark abgesunken war. Diese Erscheinung machte sich zunächst immer stärker in der Weise bemerkbar, daß das Maximum zu den jüngeren, neu entstandenen Blättern verschoben wurde und in allen Versuchen die älteren Blätter eine Verringerung der Viruskonzentration erkennen ließen. Später nahm bei den Pflanzen der ersten drei Versuchsreihen der Virusgehalt auch in den jüngeren Blättern ab. An diesem Zustand änderte sich bei den ersten beiden Versuchsreihen bis zu ihrem Abbruch nichts mehr. Die dritte Reihe, die über einen größeren Zeitraum ausgedehnt war, ließ im Laufe des Monats März, als die Pflanzen wieder besser wuchsen, bei den neu hinzugekommenen Blättern eine Erhöhung der Viruskonzentration erkennen, die sich bis zur Knospen- bzw. Blütenbildung steigerte. Die vierte Versuchsreihe zeigt, daß es sich bei der Abnahme des Virusgehalts in den älteren Blättern um eine allgemeine Erscheinung handelt, wenn auch die Viruskonzentration zunächst noch erheblich höher lag als bei den vorhergehenden Versuchen. Ferner war mit der Blütenbildung wiederum ein starker Virusanstieg verbunden, dem nach der Blüte ein Rückgang folgte. Martin, Balls und McKinney (9) haben übrigens eine Abnahme des Tabakmosaikvirus in alten Tabakblättern schon innerhalb von 14 Tagen nach der Infektion beobachtet. Die Versuche, die eine andere Fragestellung hatten und bei denen nur zwischen Spitzen- und unteren Blättern unterschieden wurde, können als weiterer Beweis für die allgemeine Gültigkeit unserer Beobachtungen gelten.

Aus den vergleichenden Prüfungen der mit Hilfe eines Homogenisators bzw. von Preßzangen bereiteten Säfte geht hervor, daß die im vorstehenden besprochenen Ergebnisse anscheinend nicht wesentlich durch die Methode der Saftgewinnung beeinflußt worden sind. Die auf den zwei verschiedenen Wegen hergestellten Säfte der unteren Blätter alter Pflanzen ließen keinen Unterschied im Virusgehalt erkennen. Es kann also vorläufig angenommen werden, daß die Abnahme der Viruskonzentration in alten Blättern reell ist. Ob sie mit dem Eiweißabbau in alten Blättern gesunder Tabakpflanzen in Zusammenhang steht ([14], dort auch weitere Literatur), kann nicht gesagt werden. Die erheblich bessere Virusausbeute bei jüngeren Blättern alter Pflanzen durch eine Zerkleinerung im Homogenisator unterstreicht nur die Beobachtung, daß junge Blätter im allgemeinen einen höheren Virusgehalt haben und entwertet somit ebenfalls nicht die vorhergehenden Befunde. Diese Feststellungen stehen vielleicht nur scheinbar im Gegensatz zu den eingangs erwähnten von LIMASSET und CORNUET (7), die bei Zerkleinerung von alten Blättern im Homogenisator eine höhere Virusausbeute erhielten als bei anderen Pflanzen, deren Blätter im Mörser zerrieben wurden. Die Autoren machen keine Angaben darüber, wann die einzelnen Pflanzen untersucht wurden und unter welchen Bedingungen sie gewachsen waren. Aus den mitgeteilten Daten ist allerdings ersichtlich, daß die verglichenen Pflanzen verschieden alt gewesen sein müssen. Jedenfalls hatten die Pflanzen, deren Blätter im Mörser verarbeitet wurden, nur neun Blätter, während die mit dem Homogenisator zerkleinerten 23 Blätter aufwiesen. Es erscheint fraglich, ob so unterschiedliche Pflanzen verglichen werden können und ob die Autoren dieselben Ergebnisse erhalten hätten, wenn sie mit gleichalten Pflanzen oder noch besser mit Blatthälften derselben Pflanzen, wie es in den eigenen Versuchen geschehen ist, gearbeitet hätten. Nach meinen vorläufigen Befunden scheint im übrigen nicht nur das Blattalter für die nach den beiden angewandten Methoden erhaltenen Werte verantwortlich zu sein; denn bei sehr jungen Pflanzen, also ebenfalls jungen Blättern, erhielt ich im Gegensatz zu den jungen Blättern alter Pflanzen keine Unterschiede. Es wird die Aufgabe weiterer, inzwischen aufgenommener Untersuchungen sein, die Verhältnisse genauer zu prüfen.

Die Frage, worauf das Absinken der Viruskonzentration in alten Blättern und der Anstieg zur Zeit der Blütenbildung beruht, kann nicht beantwortet werden. BARTELS (1) hat bei seinen Untersuchungen über das Kartoffel-A-Virus, die zum Teil an der auch von mir benutzten Tabakrasse durchgeführt wurden, ebenfalls eine Abnahme des Virusgehaltes bei alten Blättern gefunden und, im Gegensatz zu mir, auch bei der Blütenbildung einen starken Abfall bzw. ein völliges Verschwinden des serologisch nachweisbaren Virus beobachtet. Zur vorläufigen Erklärung seiner Ergebnisse nimmt er die Existenz eines Hemmstoffes an. Die eigenen Beobachtungen an blühenden Pflanzen lassen selbstverständlich keinen Raum für eine solche Deutung. Man könnte eher annehmen, daß durch eine Intensivierung des Stoffwechsels bei der Blüte eine intensive Virusvermehrung erfolgt. Aber auch das ist eine zunächst noch

unbewiesene Annahme. Es ist durchaus möglich, daß Blühen und Virusvermehrung parallele, ursächlich nicht verknüpfte Vorgänge sind.

Die Erscheinung, daß die Viruskonzentration in alten Blättern noch wachsender sowie in sämtlichen Blättern verblühter Pflanzen abnimmt, läßt ebenfalls verschiedene Deutungsmöglichkeiten zu, die einer experimentellen Prüfung bedürfen.

Zusammenfassung

Die Viruskonzentration der Blätter von Tabakpflanzen, die mit dem Kartoffel-X-Virus beimpft worden waren, wurde in mehreren Versuchsreihen während größerer Zeiträume auf serologischem Wege quantitativ vergleichend geprüft.

Da die Versuchsreihen zu verschiedenen Zeiten durchgeführt wurden, ist ihr unmittelbarer Vergleich nicht möglich. Trotzdem lassen sich aus den Untersuchungen einige allgemeine Erscheinungen ablesen.

Nach der Beimpfung der Pflanzen stieg der Virusgehalt in den Blättern zunächst an. Je nach den Wachstumsbedingungen der Pflanzen wurde in den Blättern ein mehr oder weniger schnell erzieltes unterschiedliches Maximum erreicht. Bei alten Blättern machte sich darauf bald eine immer stärkere Abnahme der Viruskonzentration bemerkbar, während jüngere, neu hinzugewachsene Blätter teilweise noch einen verhältnismäßig hohen Virustiter hatten.

Zur Zeit der Blütenbildung war nochmals ein Virusanstieg zu verzeichnen, über dessen Ursache noch nichts gesagt werden kann. Nach dem Verblühen trat ein allgemeiner Abfall ein.

Vergleichende Prüfungen der mittels Preßzangen bzw. eines Homogenisators gewonnenen virushaltigen Pflanzensäfte ergaben, daß bei alten Blättern alter Pflanzen keine Unterschiede in der Viruskonzentration beobachtet wurden. Aus jungen Blättern alter Pflanzen konnte dagegen mit dem Homogenisator bedeutend mehr Virus gewonnen werden als mit Hilfe der Preßzangen.

Literaturverzeichnis

1. Bartels, R., 1954: Serologische Untersuchungen über das Verhalten des Kartoffel-A-Virus in Tabakpflanzen. Phytopath. Z. **21**, 395—406.
2. Bawden, F. C., 1950: Plant viruses and virus diseases. Third edition Waltham, Mass.
3. — — and Crook, E. M., 1947: Some properties of potato virus X in leaf extracts made in different ways. Brit. J. Exp. Path. **28**, 403—415.
4. — — and Pirie, N. W., 1944: The liberation of virus, together with materials that inhibit its precipitation with antiserum, from the solid leaf residues of tomato plants suffering from bushy stunt. Brit. J. Exp. Path. **25**, 68—80.
5. — —, — —, 1946: The virus content of plants suffering from tobacco mosaic. Brit. J. Exp. Path. 27, 81—90.
6. Köhler, E., 1938: Vergleichende Untersuchungen über die Ausbreitungsgeschwindigkeit verschiedener Stämme des X-Mosaik-Virus in der Tabakpflanze. Z. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz **48**, 118—128.

7. Limasset, P. et Cornuet, P., 1950: Étude de la corrélation entre l'âge des organes aériens et la quantité de virus contenue dans ces derniers chez le tabac infecté par le virus de la mosaique du tabac. [*Marmor tabaci* (Orton) Holmes]. Annales des Épiphyties **1**, 274—285.

8. — —, — — et Gendron, Y., 1949: Sur le mode d'action de certains systèmes enzymatiques utilisés pour l'extraction du virus de la mosaique du tabac [*Marmor tabaci* (Orton) Holmes] à partir des tissues infectés. C. R. des séances de l'academie des sciences **229**, 778—780.

9. Martin, L. F., Balls, A. K. and McKinney, H. H., 1939: Protein changes in mosaic-diseased tobacco. J. biol. Chem. **130**, 687—701.

10. Matsumoto, T., 1941: Serological studies on the distribution and concentration of tobacco mosaic in host plants.

I. Measurements of virus after 2—4 days. Transact. Nat. Hist. Soc. Formosa **31**, 201—215.

II. Measurement of virus 5—14 days after inoculation. Ebenda **31**, 275—285.

III. Measurement of virus 15—30 days after inoculation. Ebenda **31**, 306—313.

IV. Measurement of virus 1—2 months after inoculation. Ebenda **31**, 345—350.

V. Measurement of virus at intervals after two months. Ebenda **31**, 445—450.

11. Mittelberger, H. v., 1944: Zur Kenntnis des Eiweißhaushaltes alternder Tabakblätter bei verschiedener Stickstoffernährung der Pflanze. Bodenkunde u. Pflanzenernährung **33**, 19—45.

12. Takahashi, W. N., 1951: A comparisation of methods for extracting tobacco mosaic virus from leaf tissue. Phytopathology **41**, 902—907.

13. Zech, H., 1952: Untersuchungen über den Infektionsvorgang und die Wanderung des Tabakmosaikvirus im Pflanzenkörper. Planta **40**, 461—514.

Kurze Mitteilungen

Aus dem Institut für spezielle Botanik der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich

Die Bestimmung der Fusarinsäure mit Hilfe der Papierchromatographie*)

Von

H. Zähner

Mit 1 Abbildung

Die Bestimmung der Fusarinsäure (5n-Butyl-pyridin-2-karbonsäure, Yabuta, Kambe und Hayashi 1934, Gäumann, Naef-Roth und Kobel 1952, Plattner, Keller und Boller 1954) erfolgte bis dahin durch biologische Teste. Dabei lieferte aber nur der Keimungstest mit Brandsporen von *Ustilago zeae* (Kobel 1951, Kern 1952) brauchbare Resultate. Auch die Ergebnisse dieses Testes können durch die Anwesenheit anderer biologisch aktiver Substanzen verfälscht werden. Dieser Nachteil bewog uns, nach einer neuen Methode zu suchen, die hier kurz beschrieben werden soll.

Das Kulturfiltrat des zu prüfenden Organismus wird mit Norit-A-Pulver (= Aktivkohle, 2 g je 100 ml Filtrat) versetzt. Nach intensivem Schütteln wird abfiltriert und die Kohle mit wenig dest. Wasser nachgewaschen. Die Kohle wird mit einem Methanol-Ammoniak-Gemisch (100 ml Methanol + 10 ml 25 % Ammoniak) eluiert und das Eluat im Vakuum eingeengt.

0,1 ml dieses Konzentrates werden als 10 cm lange Linie auf Whatman-Papier No. 1 aufgetragen. Beidseitig dieser Linie (je 4 cm von der zu testenden Lösung entfernt) werden je ein Tropfen einer 1 %igen Lösung von synthetischer Fusarinsäure aufgebracht. Die Trennung erfolgt in einem sek. Butanol-Ameisensäure-Wasser-Gemisch (75 : 15 : 10) nach der absteigenden Methode. Nach dem Trocknen (30 Min. bei 110 ° C) werden die beiden Randstreifen abgetrennt und einzeln entwickelt.

Für die Entwicklung der Chromatogramme kommen zwei Methoden in Frage:

1. Das Papier wird mit einer wäßrigen Lösung von Bromkresolgrün (40 mg in 100 ml Wasser, mit NaOH versetzt bis zum Umschlag nach blau) besprüht. Der Fusarinsäurefleck weist einen blaßroten Rand unterhalb des gelben Fleckes auf. Diese Zweiteilung des Fleckes ist durch die unterschiedliche Dissoziation der Fusarinsäure bedingt.
2. Die Streifen werden auf eine Testplatte von *Bacillus subtilis* gelegt und die Platte 12 Stunden bei 37 ° C bebrütet. Nach der Inkubation ist die Lage der Fusarinsäure als heller Fleck auf der getrübten Platte zu erkennen.

Der R_F-Wert der Fusarinsäure beträgt 0,83 bis 0,85. Die verwandten Pyridinmonokarbonsäuren besitzen andere R_F-Werte, Nikotinsäure zum Bei-

*) Die vorliegende Arbeit wurde durch einen Beitrag der schweizerischen Volkswirtschaftsstiftung unterstützt. Ich möchte den zuständigen Behörden auch hier meinen Dank wiederholen.

spiel 0,59 bis 0,61 (mit 2,4-Dinitrofluorbenzol [Jerchel und Jacobs 1953] nachgewiesen) und α-Picolinsäure 0,39 bis 0,41.

Auf Grund der Absorption im ultravioletten Licht erfolgt die quantitative Bestimmung der Fusarinsäure im Extrakt des Teststreifens. Fusarinsäure hat bei 2270 Å und 2680 Å starke Absorptionsbanden (Plattner, Keller und Boller 1954).

Mit Hilfe der entwickelten Randstreifen kann ohne Substanzverlust die Lage der Fusarinsäure im Teststreifen bestimmt werden. Das entsprechende Papierstück wird herausgeschnitten und im vereinfachten Extraktionsapparat nach Wasitzki (Morton 1938) mit 4 ml Alkohol drei Stunden auf dem Sandbad bei 90° C eluiert. Für die nachfolgende Bestimmung der UV-Absorption muß der Extrakt einer Papierblindprobe berücksichtigt werden, wobei auf gleiche Größe des extrahierten Papierstückes zu achten ist. Die Absorption kann im Bereich des ersten Maximums nicht gemessen werden, da bei dieser Wellenlänge auch der Papierextrakt stark absorbiert. Für die quantitative Bestimmung wird die Absorption einer 1 cm dicken Schicht des auf 5 ml aufgefüllten Extraktes bei 2680 Å gemessen. Wenn bei 2680 Å gemessen wird, kann auf das umständliche Waschen des Papiers vor der Verwendung zur Chromatographie verzichtet werden. Als Meßgerät dient ein Spektro-Photometer nach Beckmann. Die Menge der im Extrakt vorhandenen Fusarinsäure läßt sich mit Hilfe einer Eichkurve (Abb. 1) ermitteln, die mit synthetischer Fusarinsäure aufgenommen wurde.

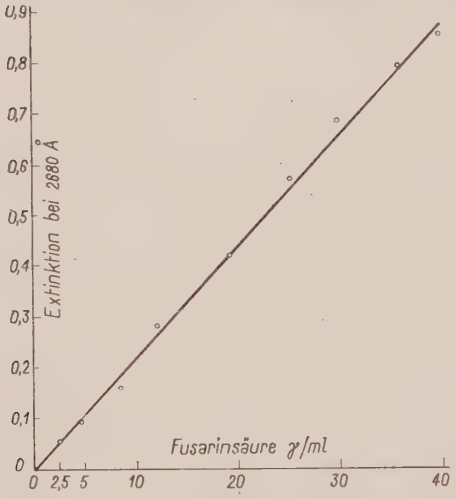


Abb. 1. Eichkurve (Konzentrations-Extinktionskurve des Fusarinsäure enthaltenden Papierextraktes)

Literaturverzeichnis

Gäumann, E., Naef-Roth, St. und Kobel, H., 1952: Über Fusarinsäure, ein zweites Welketoxin des *Fusarium lycopersici* Sacc. Phytopath. Z. **20**, 1—38.

Jerchel, D. und Jacobs, W., 1953: Nachweis von Alkylpyridinen durch Papierchromatographie. Z. angew. Chemie **65**, 342—343.

Kern, H., 1952: Über die Beziehungen zwischen dem Alkaloidgehalt verschiedener Tomatensorten und ihrer Widerstandsfähigkeit gegen *Fusarium lycopersici* Sacc. Phytopath. Z. **19**, 351—382.

Kobel, Fr., 1951: Untersuchungen über toxische Stoffwechselprodukte von *Nectria cinnabarina* Fr. Phytopath. Z. **18**, 157—195.

Morton, A. A., 1938: Laboratory Technic in Organic Chemistry, p. 202, New York.

Plattner, Keller und Boller, 1954: in Vorbereitung.

Yabuta, T., Kambe, K. and Hayashi, T., 1934: Biochemistry of the Bakanae-fungus. I. Fusarinic acid, a new product of the Bakanae-fungus. J. Agr. Chem. Soc. Japan, **10**, 1059—1068; zit. nach Chemical Abstracts **29**, 1937, S. 1132.

Besprechungen

Fischer, G. W., Manual of the North American smut fungi. The Ronald Press Comp. New York 1953, 343 Seiten und 136 Abbildungen, Preis 8,75 Dollar.

Das vorliegende Buch stellt eine Taxonomie der Ustilaginales des nordamerikanischen Kontinents dar. Von 242 Wirtspflanzen werden 276 Brandarten nachstehend genannter Gattungen in alphabetischer Reihenfolge behandelt: *Burrillia* (5), *Cintractia* (25), *Doassansia* (12), *Entyloma* (31), *Farysia* (1), *Melanopsichium* (2), *Mykosyrinx* (1), *Niovossia* (1), *Planetella* (1), *Schizonella* (1), *Sorosporium* (12), *Sphacelotheca* (19), *Testicularia* (1), *Thecaphora* (12), *Tilletia* (30), *Tolyposporella* (3), *Tolyposporium* (4), *Tracya* (1), *Tuburcinia* (2), *Urocystis* (23), *Ustacystis* (1) und *Ustilago* (88). Ein umfangreicher Bestimmungsschlüssel führt die bei den alphabetisch geordneten Wirten vorkommenden Ustilaginales auf. Diesem Bestimmungsschlüssel folgt ein weiterer zur Identifizierung der Gattungszugehörigkeit des Parasiten. Im speziellen Teil folgen die einzelnen Beschreibungen der Gattungen und Arten. Ein kurzes Literaturverzeichnis und ein umfangreicher Index beschließen das Buch. Dem Charakter eines Bestimmungsbuches entsprechend ist auf Angaben wie Sporenkeimung, Bekämpfung u. a. verzichtet worden. Für jeden Pilz werden die Synonyme genannt und für Sporen, Sori, Sporenbälle u. a., meist auf Grund eigener Untersuchungen, die entsprechenden Werte angegeben. In vielen Fällen ist auf den Abbildungen das Krankheitsbild wiedergegeben, das jedoch nicht immer in seiner Wiedergabe befriedigt. Von besonderem Wert erscheinen die Abbildungen der Sporenformen, die meist in der gleichen Vergrößerung (900 ×) abgebildet werden. Der Verf. hat sich bei der Artabgrenzung in erster Linie auf morphologische Merkmale gestützt und nur, wo dieses Merkmal allein nicht genügte, die Physiologie oder die Wirtspflanzenspezialisierung zur Unterscheidung herangezogen. Die Internationalen Regeln botanischer Nomenklatur sind auch hier als maßgeblich zu betrachten. In Konsequenz ihrer Anwendung ergeben sich zunächst ungewöhnlich erscheinende bzw. unglücklich anmutende Folgerungen. So ist *Ustilago kolleri* Wille (= *U. levis* [Kellerm. et Sw.] Magn.) identisch mit *U. hordei* (Pers.) Lagerh., so daß auch der Erreger des gedeckten Haferbrandes als *U. hordei* zu bezeichnen ist. Für Weizen- und Gerstenflugbrand ist einheitlich *Ustilago nuda* (Jens.) Rostr. zu verwenden, so daß *U. tritici* (Pers.) Rostr. nur noch als Synonym zu gelten hat. Der Zwergsteinbrand, als eigene Art anerkannt, führt den Namen *Tilletia brevifaciens* G. W. Fisch. Der Weizensteinbrand muß *Tilletia caries* (DC.) Tul. (Syn.: *T. tritici* [Bjerk.] Wint.) bzw. *T. foetida* (Wallr.) Liro (Syn.: *T. foetens* [Berk. et Curt.] Schröt. bzw. Trel.) benannt werden. Beim Hirsebrand ist *Sphacelotheca panici miliacei* (Pers.) Bubak als Synonym von *S. destruens* (Schlecht.) Stev. et A. G. Johns. anzusehen. Der Verf. betont, wenn viele dieser Namen auch als „unlogisch" angesehen werden könnten, sie dennoch Verwendung finden sollten, da auch bei anderen pathogenen Pilzen wie *Rhizoctonia solani, Alternaria solani* u. a. oder Bakterien wie *Erwinia carotovora* gleichartige Verhältnisse gegeben sind. — Beachtenswert erscheint, daß der Verf. die Bezeichnung „Chlamydospore" ablehnt, da diese nur für „dickwandige, interkalar oder terminal gebildete asexuelle Sporen, die durch Abrundung einer oder mehrerer Zellen entstehen", Verwendung finden sollte. Auch der von Bessey (1950) in Analogie zu den Rostpilzen vorgeschlagene Ausdruck „Teleutospore" findet nicht die Billigung des Verfassers. Es erscheint ihm ausreichend, nur von „Brandspore" oder „Spore" zu sprechen. Das vorliegende Buch, das die Bezeichnung einer Monographie verdient, enthält ein umfangreiches, kritisch verarbeitetes Material, das für jeden Bearbeiter dieser Materie eine wirkliche Fundgrube darstellt. Selbst dann, wenn man dem Verf. in seiner taxonomischen Beurteilung nicht immer folgen mag und sicherlich an dieser oder jener Stelle Kritik geübt werden wird, so vermag dies den Wert dieses Buches nicht zu schmälern, eines Buches, das in keiner Bibliothek eines Phytopathologen fehlen sollte.

Klinkowski

Heinze, K. und **Riehm, E.,** Pflanzenschutzpraktikum. Verlag für Angewandte Wissenschaften, Wiesbaden 1953, 2. verbesserte und vermehrte Auflg., 148 Seiten und 51 Abbildungen, Preis broschiert 8,80 DM, gebunden 12,80 DM.

Im Jahre 1931 veröffentlichte Riehm sein Pflanzenschutzpraktikum, dem heute, in Zusammenarbeit mit Heinze, die zweite Auflage gefolgt ist. In seiner ursprünglichen Form war das vorliegende Buch ein Praktikum der Pflanzenschutzmittel und insbesondere der Pflanzenschutzmethoden. Dieser Charakter ist auch heute noch weitgehend gewahrt geblieben. So kommen zwangsläufig viele Fragen, die im Rahmen des Pflanzenschutzes Erwähnung finden sollten, zu kurz oder werden überhaupt nicht behandelt. Ein gewisser verheißungsvoller Anfang ist durch das neu aufgenommene Kapitel „Befallserhebungen" gemacht worden. Hier merkt man jedoch allzu deutlich die Federführung des Entomologen, da Pilze und Bakterien im Vergleich zu den tierischen Schädlingen nicht die gleiche Würdigung erfahren. So hätte man hier z. B. eine Erörterung des Schneeschimmels, der Fettfleckenkrankheit der Bohne u. a. erwarten dürfen. Ihrer Bedeutung bzw. Problematik entsprechend ist auch die „Biologische Bekämpfung" auf knapp zwei Seiten zu kurz behandelt, um dem Benutzer dieses Praktikums wirklich Gewinn zu versprechen. Zu begrüßen wäre es, wenn die Verff. in kommenden Auflagen ihre einzelnen Versuche, von denen sie insgesamt 86 beschreiben, so erläutern, daß weiteres Literaturstudium für den Leser unnötig wird. So wird der Uneingeweihte in Versuch 2 (S. 6) mit der Bezeichnung „Salzbrei" wenig anzufangen wissen und hätte sich hier eine Angabe der notwendigen Salzkonzentrationen gewünscht. In Versuch 10 wird der Bode-Test zum Nachweis der Blattrollkrankheit nur in einer Fußnote erwähnt, so daß auch die Prinzipien dieses Nachweises unbekannt bleiben. Derartige Beispiele ließen sich in weiterer Folge anführen, sie sollten dazu Veranlassung geben, jede Versuchsanordnung dahingehend zu überprüfen, ob auch der uneingeweihte Leser, der sich erst die Grundbegriffe erarbeiten muß, in allen Fällen die nötige Anleitung hierzu erhält. Die beigefügten Abbildungen sind in Schwarzweißzeichnung gehalten und erläutern in wünschenswerter Weise die textlichen Erläuterungen. Man sollte am Schluß bei späteren Auflagen noch eine Übersicht der wichtigsten Pflanzenschutzliteratur einfügen, um den Leser auch in dieser Hinsicht zu beraten und ein zusätzliches Selbststudium zu ermöglichen. Den als Seitenweiser bezeichneten Index sollte man noch weiter ausgestalten und auch spezielle Fachausdrücke aufnehmen. Die geäußerte Kritik soll nicht den Wert des vorliegenden Buches mindern, sondern lediglich dazu anregen, bei späterer Bearbeitung dem Buch eine Form zu geben, die seinen Titel „Pflanzenschutzpraktikum" rechtfertigt. Klinkowski

Mühle, E., Die Krankheiten und Schädlinge der zur Samengewinnung angebauten Futtergräser. Dtsch. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin. Wissenschaftliche Abhandlungen Band I. Verlag Hirzel, Leipzig 1953. 167 Seiten, 35 Abbildungen.

Den Krankheiten und Schädlingen der Gräser ist bisher weder seitens der landwirtschaftlichen Praxis noch von seiten der phytopathologischen Forschung ausreichende Aufmerksamkeit geschenkt worden. Als nach 1937 der Grassamenanbau gefördert wurde, mußte aber mit einer erheblichen Zunahme der Schäden gerechnet werden. Daher hat der Verfasser im Jahre 1938 mit einer planmäßigen Bearbeitung dieses Gebietes begonnen. Das vorliegende Buch stellt eine Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse unter eingehender Berücksichtigung des vorhandenen Schrifttums dar.

Nach einleitenden Ausführungen über die Möglichkeiten der Erfassung, sowie über das Auftreten und die wirtschaftliche Bedeutung der Gräserkrankheiten und Schädlinge werden im ersten größeren Abschnitt die in den verschiedenen Entwicklungsabschnitten vorkommenden Krankheitserscheinungen und Beschädigungen ausführlich behandelt. Dabei nimmt die wirtschaftlich besonders wichtige Weißährigkeit den breitesten Raum ein. In einem zweiten größeren Abschnitt wird der Stoff nach verschiedenen Grasarten aufgegliedert. Es werden die Krankheiten und Schädlinge folgender Gräserarten behandelt: *Agrostis alba* L., *Alopecurus pratensis* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) Presl. (*Avena elatior* L.), *Bromus inermis*

Leyss., *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds., *Festuca rubra* L., *Lolium multiflorum* Lam. (*Lolium italicum* A. Br.), *Lolium perenne* L., *Phalaris arundinacea* L., *Phleum pratense* L., *Poa pratensis* L., *Poa palustris* L. (*Poa fertilis* Host.), *Trisetum flavescens* (L.) P. B. (*Avena flavescens* L.). In den einzelnen Abschnitten sind die Krankheiten und Schädlinge ihrer wirtschaftlichen Bedeutung nach geordnet. Es folgt jeweils eine ausführliche Darstellung des Schadbildes, der Erreger sowie der Bekämpfungsmöglichkeiten. Sehr wertvoll sind die jeweiligen Übersichten, die in Verbindung mit den darin enthaltenen ausführlichen Literaturhinweisen eine leichte und gute Orientierung ermöglichen. Zum Abschluß sind die für Deutschland wichtigsten Gräserkrankheiten und -schädlinge noch einmal in einer Übersicht zusammengestellt.

Die Ergebnisse der Arbeit lassen erkennen, daß bei einer anhaltenden Intensivierung des Grassamenbaues damit gerechnet werden muß, daß in Zukunft weitere, bisher unerkannt gebliebene oder völlig neue Schädlinge an den Futtergräsern in Erscheinung treten. Aber auch bei den bereits bekannten Krankheitserscheinungen und Beschädigungen sind noch zahlreiche Fragen offen, so daß die phytopathologische Forschung auf dem Gebiete der Gräserkrankheiten noch ein großes und wichtiges Arbeitsfeld vor sich hat. Gerade der Hinweis auf die zahlreichen noch offenen Probleme macht das Buch für den Wissenschaftler ebenso unentbehrlich, wie es für den Praktiker ohnehin schon ist. Bockmann, Kitzeberg

Roger, L., Phytopathologie des pays chauds. Paul Lechevalier, Paris. Tome I, 1951. 1126 S., 153 Abb., br. 9000 Fr. Tome II, 1953. 1130 S., 208 Abb., br. 10 000 Fr.

Das auf insgesamt drei Bände geplante Werk des Verf. rangiert als Band XVII bis XIX in der Encyclopédie Mycologique. Der dritte Band liegt zur Zeit noch nicht vor.

Wir haben in der Fachliteratur kein Werk, das sich der „Phytopathologie des pays chauds" vergleichen ließe. Die vor Jahrzehnten erschienenen „Maladies des plantes cultivées dans les pays chauds" von Delacroix und Maublanc haben heute nur noch historische Bedeutung. Füllt also das vorliegende Werk schon unter spezieller Berücksichtigung der tropischen Pflanzenkrankheiten eine empfindliche Lücke, so gewinnt es noch weiterhin an Wert, als es aus universeller Schau geschrieben ist und somit auch den Phytopathologen der gemäßigten Zone unmittelbar anzusprechen vermag.

Da das Werk in der Reihe der Encyclopédie Mycologique erschienen ist, könnte der Verdacht aufkommen, als ob lediglich die Mykosen berücksichtigt würden. Das ist keineswegs der Fall. Der Verf. verwahrt sich im Gegenteil gegen die einseitige Überbewertung der Mykosen, die die Meinung aufkommen lasse, als ob die Phytopathologie lediglich ein Appendix der Mykologie sei. Er behandelt in vorbildlicher Synthese das Gesamtgebiet der pflanzlichen Pathologie, und zwar auf viel breiterer Basis, als der Titel zunächst vermuten läßt. Denn wenn auch die Betrachtung in erster Linie auf die Kulturpflanzen der Äquatorial- und Tropengebiete abgestellt ist, so werden doch auch manche Kulturen aus den Subtropen berücksichtigt.

Der erste Teil umfaßt „Die Grundlagen der Phytopathologie. Parasitäre und nichtparasitäre Erkrankungen. Die Methoden der Bekämpfung." Dieser Teil ist für den Phytopathologen der gemäßigten Zone insofern der reizvollste, als hier u. a. allgemeingültige Fragen der Phytopathologie erörtert werden. Wenn dies auch bevorzugt unter dem Aspekt des tropischen Kulturpflanzenanbaus erfolgt, ist es doch aufschlußreich festzustellen, in welchem Ausmaß die Pathogenese der Kulturpflanzen im Prinzip den gleichen Gesetzmäßigkeiten unterliegt.

Im zweiten Teil werden die parasitischen Pilze, Algen, Flechten und Moose der tropischen Kulturpflanzen in systematischer Reihenfolge beschrieben. Es sollen hierin weiter die Bakteriosen, Virosen und die phanerogamen Parasiten dargestellt werden. Der vorliegende zweite Band schließt aber zunächst noch mit den Fungi imperfecti ab. Unter den Pilzen werden besonders bedeutungsvolle Spezies entsprechend ausführlich gewürdigt, so — um nur einige Beispiele herauszugreifen — *Hemileia vastatrix, Leptosphaeria salvinii, Glomerella cingulata, Macrophomina phaseoli, Botryodiplodia theobromae, Gloeosporium musarum, Piricularia oryzae, Busarium cubense* usw.

Der dritte Teil soll dann die Bekämpfungsverfahren bringen, wobei die Aufteilung des Stoffes nunmehr nach Kulturpflanzen bzw. -gruppen vorgesehen ist.

Zahlreiche gute Abbildungen, fast ausnahmslos Originalzeichnungen des Verf., sind dem Text beigefügt; die vorgesehenen Photographien sind dem Kriege in Indochina zum Opfer gefallen.

Man kann angesichts der hier geleisteten enormen Arbeit dem Verf. die Bewunderung nicht versagen. Das Wagnis, dieses junge, sich lebhaft entwickelnde Forschungsgebiet geschlossen darzustellen, ist Roger vollauf gelungen. Er hat die kaum noch zu übersehende Literatur trefflich gemeistert und konnte darüber hinaus aus seinen eigenen reichen Erfahrungen schöpfen, die ihm aus seiner langjährigen Tätigkeit am Institut national d'agronomie de la France d'outre-mer und am Institut des recherches agronomiques de l'Indochine in Saigon erwachsen waren. Bedauerlich ist, daß wegen Raummangels eine Bibliographie fehlt. Sie ist einer späteren gesonderten Veröffentlichung vorbehalten.

Das fundamentale Kompendium Rogers wird sich zweifellos auf Jahre hinaus als grundlegend und richtungweisend behaupten, und zwar nicht nur für den Spezialisten der warmen Länder, sondern für die Phytopathologie schlechthin.

Hassebrauk, Braunschweig

Literatur zur HCH- und Diën-Gruppe

Von Prof. Dr. R. RIEMSCHNEIDER
Chemisches Institut der Freien Universität Berlin

Liste III: 128 Seiten, kartoniert DM 25,—
Liste V: 56 Seiten, kartoniert DM 9,60

Diese Schriften enthalten das von dem Verfasser bis 31. Dezember 1951 registrierte Literaturmaterial über die Insektizide der HCH- und Diën-Gruppe. Die über 4000 Titel mit Angaben von Referenten sowie von Arbeitsschwerpunkten und behandelten Insektizid-Gruppen bedeuten für Wissenschaft und Praxis eine wichtige international zu wertende Unterstützung in ihrer vielseitigen Arbeit. Der größte Teil der Literaturangaben trägt einen Hinweis, ob der Schwerpunkt der Arbeit auf chemischem, physikalischem oder biologischem Gebiet zu suchen ist.

Zeitschrift für angewandte Entomologie

zugleich Organ der „Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie e. V."

Begründet 1914 von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. K. ESCHERICH

Herausgegeben von Prof. Dr. W. ZWÖLFER, München

Die „Zeitschrift für angewandte Entomologie" ist das führende internationale Publikationsorgan und damit der Mittelpunkt für die gesamten wissenschaftlichen Forschungen und Interessen auf diesem Gebiet. Ihre Originalbeiträge umfassen Forschungen aus dem Gesamtgebiet der angewandten Entomologie. Grundlagenforschung und Fragen ihrer praktischen Anwendung kommen dabei zu Wort. Sie machen den Hauptteil der Zeitschrift aus und betreffen alle wirtschaftlich schädlichen oder krankheitserregenden bzw. -übertragenden Insekten sowie die Möglichkeit ihrer Bekämpfung mit biologischen, technischen oder chemischen Mitteln, ferner Forschung über unmittelbar oder mittelbar nützliche Arten, wie Bienen, Seidenraupen, Lackschildläuse und andere Rohstofflieferanten, unter den Kerbtieren.

Erscheinungsweise: jährlich etwa 6 Hefte, der Band zu 4 Heften, in zwangloser Folge, das Heft umfaßt etwa 8 Druckbogen. Bezugspreis: je Druckbogen (16 Seiten) etwa DM 3,—. Die Hefte werden einzeln berechnet.

VERLAG PAUL PAREY / BERLIN UND HAMBURG

Soeben erschien:

Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie e. V.

auf der zwölften Mitgliederversammlung zu Frankfurt a. M. vom 27. bis 29. Oktober 1952

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben von
Dr. H. W. FRICKHINGER und Dr. G. BECKER
Schriftführer der Gesellschaft

203 Seiten mit 79 Abbildungen broschiert DM 20,—

Vorträge zum Rahmenthema „Einschleppung ausländischer Schädlinge"

Internationale Maßnahmen zur Bekämpfung des Kartoffelkäfers — Über den amerikanischen Webebär *Hyphantria cunea* DRURY — Verbreitung und Bekämpfung der San José-Schildlaus in Deutschland — Neue Untersuchungen aus dem Institut für Waldschutz zum Auftreten und zur Bekämpfung der Douglasienwollaus, *Gilletteella cooleyi* (GILL.) *C. B. (Adelgidae)*, im Gebiete der D. D. R. — Der „schwarze Nutzholzborkenkäfer" *Xylosandrus germanus* BLANDF., ein neuer Schädling in Deutschland — Die Einschleppung von Vorratsschädlingen in Deutschland — Die Bodentermite *Reticulitermes*, eine ernste Gefahr für die Gebäude in Hamburg — Der gegenwärtige Befall unserer Gewächshäuser mit fremdländischen Faunenelementen und unsere Erfahrungen über deren Bekämpfung — Schildläuse. Wickler und Fruchtfliege auf importiertem Obst.

Vorträge anderen Inhalts

Untersuchungen an Prädatoren der Baumwollinsekten in Ägypten — Beobachtungen an *Crataerina pallida (Dipt., Pupipara)* — Räuber und Parasiten holzzerstörender Insekten in Gebäuden — Läßt sich die Zunahme eines Befalls von Vorratsschädlingen berechnen? — Untersuchungen über Lebensweise und Bekämpfung gesundheitlich wichtiger Wespen — Zur Kenntnis einiger Schmeißfliegen von hygienischer Bedeutung *(Dipt., Tachinidae)* — Zur Lebensweise und Bekämpfungsmöglichkeit des Eichenkernkäfers, *Platypus cylindrus* FBR. — Populationsdynamische Faktoren bei der Massenvermehrung des *Dendroctonus micans* KUG. an der Sitkafichte in Schleswig-Holstein — Zum Vorkommen und Massenwechsel der Tannenstammlaus, *Adelges (Dreyfusia) piceae* (RATZ.), in Nordamerika und Europa — Untersuchungen über die stofflichen Grundlagen der Gallenbildung — Untersuchungen über die Wirkungsweise von Insektiziden — Methylbromid in der Schädlingsbekämpfung. A. Physikalisch-chemische Eigenschaften und Anwendungstechnik — Methylbromid in der Schädlingsbekämpfung. B. Wirkungsbreite — Schädlingsbekämpfung auf neuen Wegen — Die Giftspritzringmethode in der Forstschädlingsbekämpfung — Versuch einer „selektiven" Bekämpfung des Maikäfers mit einem polytoxinen Kontaktgift — Neue Erfahrungen mit arsenfreien Fraßgiften in der Forstschädlingsbekämpfung — Über Ökologie und Massenwechsel des Hopfenzünslers *Pyrausta nubilalis* (HÜBN.) — Vergleichende Untersuchungen über Auftreten, Entwicklung und Schaden durch *Laspeyresia jantinana* DUP. und *Carpocapsa pomonella* L. — Hauptschädlingsprobleme in Brasilien — Die Waldbienenweide und ihre Nutzung als forstentomologisches Problem — Ergebnisse neuerer Untersuchungen über die Fichtenquirl-Schildlaus *Physokermes piceae* (SCHRK.) — Der Wirkstoffgehalt von Blütenpollen und Waldhonigen — Fermentbiologische Studien an Bienen — Neuere Untersuchungen über die Möglichkeit einer Bekämpfung der Milbenseuche der Honigbiene mit chemischen Mitteln — Biologische Nachweismethoden synthetischer Kontaktinsektizide.

VERLAG PAUL PAREY / BERLIN UND HAMBURG

Verlag Paul Parey, (1) Berlin SW 68, Lindenstr. 44-47 (West-Berlin), Tel. 61 44 68/69. Herausgeber Prof. Dr. Dr. h. c. G. Gassner, (20 b) Braunschweig, Humboldtstraße 1, Prof. Dr. E. Gäumann, Zürich 6, Universitätsstr. 2 und Prof. Dr. M. Klinkowski, Aschersleben, Ermslebener Str. 52. Printed in Germany. Druck von A. W. Hayn's Erben, Berlin SO 36 (West-Berlin). Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdrucks und der photomechanischen Wiedergabe, vorbehalten. — Erscheinungsweise: Jährlich etwa 6 bis 8 Hefte (4 Hefte = 1 Band).